N° 5 15 MARS 1932

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910) — DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

DIRECTEUR : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Art de l'Ingénieur.

La soudure autogène des aciers austénitiques.

Les aciers austénitiques, à forte teneur en nickel et en chrome, si appréciés pour leur résistance aux acides, et utilisés sur une grande échelle dans l'industrie chimique, présentent des caractéristiques qui rendent délicate leur soudure autogène. C'est seulement depuis quelque temps que l'on est parvenu à mettre au point une technique de la soudure autogène de ces aciers.

Les aciers austénitiques, employés sous des formes très diverses et notamment dans la grosse chaudronnerie destinée à l'industrie chimique, doivent, naturellement, conduire à des assemblages par soudure autogène qui offrent la résistance mécanique que l'on obtient habituellement par ce mode de soudure. Or, les aciers austénitiques ayant un coefficient de dilatation très supérieur à celui des aciers doux, en même temps qu'une conductibilité calorifique plus faible, se trouvent soumis, lorsque les assemblages par soudure autogène ne sont pas exécutés dans les conditions voulues, à des tensions internes élevées, qui peuvent nuire beaucoup à la résistance mécanique des pièces finalement obtenues.

Par ailleurs, il est bien évident que puisque les aciers austénitiques sont surtout employés dans les applications que nous avons signalées en raison de leur résistance à la corrosion, les soudures réalisées sur ces aciers doivent réunir les éléments de façon absolument homogène, c'est-à-dire sans introduire de porosités, de soufflures, ou toute autre solution de continuité, susceptible de constituer les points de départ de la corrosion. Bien entendu la masse de la soudure elle-même doit avoir la même composition que les pièces rapprochées par son intermédiaire, de manière à présenter la même résistance à la corrosion. Or, le métal d'apport facile à élaborer lorsqu'il s'agit de réunir des pièces d'acier doux est de préparation bien plus délicate lorsqu'il s'agit d'opérer sur des aciers austénitiques. Ce métal d'apport doit avoir une composition assez complexe susceptible d'ailleurs de se trouver modifiée au cours du traitement thermique que lui fait subir la soudure.

Les difficultés présentées par la soudure des aciers austénitiques sont, nous l'avons dit, aujourd'hui résolues et la soudure au chalumeau oxy-acétylénique aussi bien que la soudure électrique à l'arc, permettent d'obtenir avec ces aciers des résultats extrêmement satisfaisants, moyennant quelques précautions dans la pratique de l'opération et moyennant l'emploi de métaux d'apport appropriés.

La soudure au chalumeau oxy-acétylénique des aciers austénitiques demande à être exécutée avec un métal d'apport ayant strictement la même composition que les parties à réunir. Cela suppose, et c'est d'ailleurs une condition indispensable à la réussite de l'opération, que la composition du métal n'est en rien altérée par le traitement thermique subi. Cela revient à dire, en d'autres termes, que la flamme du chalumeau oxy-acétylénique est rigoureusement neutre. En définitive, c'est donc dans l'obtention d'une flamme de cette nature que réside la principale difficulté de la soudure autogène des aciers austénitiques au moyen d'un chalumeau oxy-

acétylénique. Les praticiens de ce genre de soudure ont vite fait de reconnaître que la flamme n'est ni trop riche en acétylène, ni trop riche en oxygène.

On comprend qu'avec une flamme qui ne serait pas rigoureusement neutre, les résultats obtenus seraient défectueux. Si la flamme était trop riche en acétylène elle présenterait des propriétés réductrices qui augmenteraient la teneur du métal d'apport en carbone; les qualités de résistance du métal, tant aux effets mécaniques qu'aux actions chimiques, se trouveraient considérablement diminuées; dans le cas contraire, une flamme trop oxygénée produirait une oxydation du métal, et la présence de particules d'oxyde rendrait sa résistance mécanique très précaire.

D'un autre côté, l'emploi du chalumeau oxy-acétylénique provoque un échauffement considérable des pièces, principalement à l'endroit où l'on exécute la soudure. Il en résulte des tensions internes considérables, si l'on ne prend pas la précaution de limiter la quantité de chaleur demandée par l'opération au strict nécessaire. En particulier, il faut éviter que le bain liquide, formé par le métal d'apport, arrive à ébullition. Toutefois, on peut réduire dans une large mesure les tensions internes en faisant subir aux pièces un traitement thermique ultérieur.

Avec l'arc électrique, la soudure autogène des aciers austénitiques présente moins de difficulté. En particulier, la zone chauffée se trouve plus étroitement limitée aux abords des soudures effectuées, parce qu'il est facile de régler l'arc très court. Les tensions internes, dues au retrait, sont donc moins considérables que dans le cas de la soudure exécutée au chalumeau.

Mais, à l'inverse de la soudure au chalumeau qui exige l'emploi d'un métal d'apport de composition absolument identique à celle des pièces à réunir, la soudure à l'arc nécessite l'emploi d'un métal plus riche en chrome, de manière à suppléer à la diminution de la teneur en chrome qui se produit par oxydation au cours du travail.

L. P.

***

Sur un mode de production d'eau douce à bord des navires [1].

M. H. Brillié, ingénieur en chef conseil de la Compagnie générale transatlantique, a présenté, au cours de la session de 1931 de l'Association technique maritime et aéronautique, un mémoire sur l'utilisation pour la production d'eau douce à bord des navires des calories perdues par l'eau de circulation des condenseurs.

Nous donnons ci-dessous un résumé de cette communication.

Les expériences de M. Georges Claude à La Havane ont montré qu'il est possible, avec de faibles écarts de température, d'avoir non seulement production de vapeur, mais utilisation de cette vapeur pour production d'énergie.

Il n'y a aucune raison, *a priori*, pour que, à bord des navires, des écarts de température du même ordre de grandeur ne puissent être utilisés pour obtenir une vaporisation partielle d'eaux chaudes que l'on rejetait à la mer, et comme conséquence, une production d'eau douce.

Le problème se pose d'ailleurs d'une manière analogue dans les centrales électriques et dans de nombreuses industries.

Le procédé envisagé pour la réalisation de cette idée consiste à disperser l'eau chaude dans une enceinte close en relation avec un condenseur par surface parcouru par de l'eau froide et dimensionné pour obtenir une température de condensation aussi basse que possible des vapeurs de l'eau chaude évaporée, la chaleur nécessaire à l'évaporation étant prise à la masse d'eau renvoyée à la mer.

Il s'agissait de savoir si l'écart de 10 à 20°, entre les températures de l'eau chaude qui sort des condenseurs et de l'eau de mer froide, rendait le problème pratiquement réalisable.

Des essais ont été entrepris sur la question par la Compagnie générale transatlantique et par la Société de condensation et d'applications mécaniques, avec un matériel de fortune : évaporateur de machine frigorifique à vapeur d'eau, et condenseur de faibles dimensions.

Ces essais, exécutés au Havre, ont montré que le procédé est pratique, puisqu'il a permis avec les appareils indiqués d'obtenir une production d'eau douce de plus de 1.200 litres à l'heure.

La teneur en sels de l'eau obtenue est très faible, variant suivant les essais de 2 à 4 milligrammes par litre.

L'encombrement des appareils est normal; la production d'eau douce, avec les appareils envisagés, est parfaitement régulière, et ne nécessite pas de surveillance particulière.

Au cours des différents essais, on a fait varier, soit la chute de température de l'eau à distiller entre l'entrée et la sortie de l'évaporateur, soit le débit de cette eau passant dans l'évaporateur, de façon à obtenir des quantités d'eau distillée différentes et un pourcentage différent également entre le débit total et la quantité d'eau distillée.

Le mémoire de M. Brillié se termine par l'exposé de deux projets d'installation du procédé, soit à bord d'un cargo, soit à bord d'un paquebot; il est prévu une production horaire de 500 kgs d'eau douce dans le premier cas; dans le second, une production de 200 tonnes environ par vingt-quatre heures.

Au cours de la discussion qui a suivi la lecture de son mémoire, M. Brillié a été amené à préciser que, d'après les expériences qu'il avait faites pour s'en assurer et grâce aux dispositions prises à cet effet, il ne semblait pas que le bon fonctionnement de l'installation pût être compromis par la présence d'air dans l'eau.

1. *Bulletin de l'Association technique maritime et aéronautique*, n° 35, session 1931.

Indiquons, pour terminer, que ce système de distillation, dont il serait intéressant de voir faire l'application dans les conditions de service réalisées sur un navire en marche, présente, suivant M. Brillié, les avantages suivants :

Simplicité;

Economie;

Pureté de l'eau obtenue;

Entretien presque nul (pas d'entartrage, pas de faisceau tubulaire, pas de nettoyages);

pour un encombrement du même ordre de grandeur que celui des autres systèmes d'évaporation.

Ph. T.

*
**

Le crin et ses applications.
Crin animal, crin végétal et crin artificiel.

On désigne aujourd'hui sous le nom de crins, des matières textiles très diverses qui ont de multiples applications dans les industries textiles et dans beaucoup d'industries. C'est ainsi que l'on distingue le crin animal, le crin végétal et le crin artificiel, qui diffèrent essentiellement par leur origine, mais peu par leurs applications. On utilise également, pour certains usages particuliers, et surtout en chirurgie (points de suture) le crin dit « crin de Florence » obtenu en étirant une glande du ver à soie et qui est à la fois très fin et résistant.

Le crin animal est le plus anciennement employé; il présente de remarquables qualités de souplesse, de nervosité et d'élasticité qui le rendent apte à de multiples usages. Il provient du cheval, du bœuf, et du mulet, et il se trouve dans tous les pays mais très spécialement dans ceux de l'Amérique du Sud, ainsi qu'en Russie, et en Sibérie. Les grands marchés du crin animal brut sont Buenos-Ayres, Montevideo, Anvers, Hambourg, Londres et pour la France, Le Havre.

Les crins russes ont leurs plus importants marchés à Riga et à Hambourg, mais on peut également en trouver dans la plupart des grands ports européens; ils présentent l'inconvénient de pouvoir communiquer aux ouvriers qui les manipulent la maladie du charbon ou pustule maligne qui demande à être traitée dès les premiers symptômes pour ne pas être mortelle. Les crins de France et d'Amérique qui proviennent d'animaux sains et vaccinés, ne sont pas dangereux. Si la République Argentine est à l'heure actuelle le principal producteur du crin animal, le crin de France qui est d'excellente qualité, entre environ pour 50 % dans la fabrication nationale de crins frisés.

Il faut remarquer qu'aux crins de cheval, de bœuf et de mulet, s'ajoutent les soies de porcs et les poils de chèvre, mais ces produits n'interviennent plus dans la fabrication française que pour une faible part, alors qu'avant guerre ils entraient à peu près pour un tiers dans cette fabrication.

Le crin brut est acheté par les filateurs qui lui font subir trois opérations principales : la première est le triage par qualités, nuances et longueurs; ce travail est habituellement confié à des femmes qui classent en quatre nuances (blanche, blonde, noire et grise) et en trois qualités (crin fort, demi-fort et faible). Dans le crin faible, on met ordinairement à part la collière noire qui a un brillant noir vif et dans les crins forts et demi-forts on retire les crins longs de plus de 45 centimètres.

Il est possible de traiter à l'achat des crins entièrement classés soit par les vendeurs américains, soit par les vendeurs français. De ce fait, certains fabricants ont la possibilité de ne faire faire dans leurs ateliers qu'un triage très réduit.

La seconde opération est le peignage ou cardage pour lequel on fait une série de mélanges suivant le prix de vente et la qualité recherchée; ce travail de mélange et peignage ainsi que les opérations accessoires telles que teinture, lavage, essorage, dégraissage du crin frisé, puis emballage, livraisons et réceptions peuvent être confiés à des ouvriers non spécialisés.

Au contraire, la troisième opération qui est le filage du crin, et qui est la plus importante, nécessite des ouvriers spécialisés s'il doit être effectué à la main. On peut aussi employer des machines automatiques ou semi-automatiques dont certaines remplacent avantageusement l'ouvrier fileur. Ces fileuses mécaniques comprennent d'habitude trois parties : cardeuse, étireuse et dispositif de torsion et d'enroulage, de la corde filée. Elles ont l'avantage de pouvoir être conduites par des ouvriers non spécialisés. Un jeune homme, une femme, après une quinzaine de jours peuvent arriver à obtenir une corde filée très régulièrement et ce travail ne nécessite aucune fatigue, contrairement à la filature à la main. La machine peut produire 300 kilos en 8 heures et le fileur à la main arrive à 150 kilos dans une filature fine et à plus de 200 kilos dans une grosse filature.

Après le filage, le crin est stérilisé et épuré dans des autoclaves où l'on envoie de la vapeur entre 100 et 120° puis cardé ou enfin nappé sur toile de jute. Cette dernière façon de présenter l'article oblige à une fabrication complémentaire qui nécessite un cardage et un nappage que les machines réalisent maintenant automatiquement.

A côté de l'emploi du crin animal on a vu se développer beaucoup, depuis quelques années, l'emploi du crin végétal comme succédané de ce dernier dans certaines applications et plus particulièrement dans les industries de la matelasserie et de la bourrellerie.

Le crin végétal est, comme on le sait, extrait de la feuille fraîche du palmier nain qui croît en abondance dans tout le Nord-Africain; cet arbuste y constitue même le principal obstacle au défrichement des terres, en raison de sa grande vitalité et des difficultés qu'on rencontre à le supprimer.

Depuis longtemps les Arabes ont employé des feuilles de palmier nain, souvent en mélange avec de la laine ou du poil de chameau pour la confection de toiles grossières et de divers objets de sparterie, mais

l'exploitation de cette fibre est aujourd'hui entrée dans une phase vraiment industrielle.

Le palmier nain, ou doum, a une longueur variant de 25 à 70 cm. quelquefois davantage; son développement varie suivant le terrain sur lequel il pousse, la température, l'abondance des pluies, etc... etc...

Il peut être coupé environ tous les 18 mois, ce laps de temps est approximatif, et indiqué simplement comme moyenne, car fonction également des circonstances précitées: richesse du sol, température, etc.

Les usines de crin végétal ont donc des possibilités de production variables et limitées suivant la densité des peuplements de palmier qui les environnent, car il est en effet utile de pouvoir s'approvisionner en matière première dans un rayon déterminé n'excédant pas une certaine distance et permettant à la plante de croître suffisamment avant d'être coupée à nouveau.

De plus, les installations sont susceptibles d'être déplacées ou définitives suivant qu'elles sont édifiées proches de terrains pouvant être défrichés pour cultures diverses ou non.

La coupe du palmier est effectuée continuellement. Il est traité au fur et à mesure de l'apport; il n'est pas en effet possible d'en constituer des stocks, car il sèche, change de couleur et fermente même rapidement.

Le palmier est peigné mécaniquement, mais présenté soit automatiquement, soit à la main au moyen de poignées spéciales.

Après peignage, on obtient une filasse qui est immédiatement placée sur des aires d'étendage pour le séchage et, éventuellement, le triage. Dès que cette fibre est suffisamment sèche, elle est filée, opération nécessitant un personnel spécialisé lorsqu'elle est faite à la main. Les cordes sont étendues pendant une, deux ou trois journées, jusqu'à siccité complète et ensuite mises en balles de 60 à 80 kilos; au moyen d'une presse d'emballage. La finesse et la régularité de la fibre varient suivant les machines utilisées, leur mise au point et la compétence de la main-d'œuvre.

La couleur du crin varie suivant la qualité du palmier, la façon dont il est traité, et également les circonstances atmosphériques. Le crin végétal peut être employé à l'état naturel ou teint, la couleur noire étant de beaucoup la plus demandée. Dans les petites exploitations, la teinture est généralement obtenue au moyen de bains de sulfate de fer ou de bois de campêche, mais dans les exploitations vraiment industrielles, on utilise des colorants artificiels, et la plupart du temps des couleurs diamines; pour le noir, on a recours à l'oxydiamine, seul ou en mélange avec du bois de campêche.

Le crin végétal utilisé en France provient à peu près exclusivement de la Tunisie, du Maroc et surtout de l'Algérie. Dans le commerce on distingue en général, quatre qualités de crin végétal : le crin végétal ordinaire, qui vient surtout de la région d'Oran; le médio, plus soigné, en provenance de la région d'Alger; le fin ou supérieur et l'extra. En général chaque usine est spécialisée dans la production d'une qualité déterminée.

Les principaux débouchés du crin végétal algérien se trouvent d'une part, dans la literie indigène et, d'autre part, dans l'exportation qui se fait surtout par les ports d'Oran, Nemours et Alger. En France, indépendamment de la matelasserie et de la bourrellerie, le crin végétal est utilisé pour la préparation de certains papiers de journal, pour la fabrication de liens pour botteler le foin et la paille, comme fibre pour la constitution de matériaux légers ou isolants et également en brosserie et en corderie. Pour la plupart des applications on utilise le crin végétal tel qu'il est livré par les usines; mais pour la brosserie il faut un traitement plus compliqué auquel le crin est le plus souvent soumis dans les fabriques de brosses elles-mêmes.

Le crin végétal qui présente l'avantage de ne pas être attaqué par les insectes a, comme on le voit, de nombreuses applications. Sa production se trouve toutefois limitée et a plutôt tendance à diminuer du fait de l'extension de l'agriculture en Algérie et des défrichements qui en résultent.

Le crin artificiel est un dérivé de la soie cellulosique; sa découverte, comme le développement de sa fabrication sont l'œuvre des chimistes et, plus particulièrement, de M. Chorier qui le premier fit breveter un procédé consistant à enduire un fil de coton d'une enveloppe de viscose. Ce brevet fut apporté vers 1904 à un groupe français qui fit ses premiers essais dans un atelier de la rue Belliard à Paris.

La fabrication du crin artificiel appelé à cette époque crin Chorier, avait surtout alors pour but de concurrencer en France, l'importation d'une matière végétale, le tagal, que les Japonais achetaient à Bornéo et vendaient dans le monde entier. Le tagal se trouvait d'abord dans le commerce sous forme de brins unitaires de 30 centimètres environ, qu'il fallait ensuite ajouter bout à bout suivant les procédés de filature pratiqués généralement pour en faire un fil continu. Puis, il fut vendu par les Japonais, en fil continu, au même prix qu'en brins unitaires, et, finalement, la concurrence du crin Chorier se faisant sentir plus forte, les Japonais ont importé de la tresse manufacturée qu'ils ont encore pu vendre au même prix que les brins unitaires : le crin Chorier ne pouvait plus lutter. Cependant, il avait permis la création d'une usine à Cires-les-Mello, dans l'Oise, usine qui se transporta ensuite à Saint-Just-des-Marais, près de Beauvais, où elle existe encore, en pleine activité.

Le premier crin de coton enduit de viscose fit alors place à un crin tout viscose qui était, en somme, une soie artificielle à un seul fil. Ce crin tout viscose trouva rapidement dans la mode un emploi très intéressant, car les tissus qui étaient fabriqués pouvaient se former aisément; d'autre part l'apprêt et la teinture en étaient faciles.

La mise au point de ce crin n'avait pas été

cependant, sans présenter de très grandes difficultés, car la coagulation qui est nécessaire pour la création des fils de soie artificielle suivant le procédé viscose, devait se faire de telle sorte que le crin ne se brisât pas aux nœuds.

Une fois le principe trouvé et le procédé de fabrication mis au point, l'industrie du crin artificiel put se développer et se perfectionner.

Du crin cylindrique on passa à la lame qui est un crin aplati susceptible de remplacer les pailles végétales. Cette lame put changer d'aspect grâce aux matières inertes que l'on put faire entrer dans la composition de la matière d'origine. On obtient ainsi des effets qui eurent le plus grand succès dans la haute mode.

De cette lame on passa ensuite tout naturellement à d'autres applications et notamment à celle des capes viscoses de plus en plus utilisées au bouchage des flacons de parfum.

Le procédé viscose n'a pas été le seul employé pour la fabrication des crins. Certains types ont été également créés en partant de l'acétate de cellulose utilisée aussi pour la filature de certaines soies artificielles; ces crins à l'acétate de cellulose sont moins sensibles à l'action de la pluie. Le crin cylindrique est filé dans les titres de 300, 360, 400 et 500 deniers. C'est ainsi qu'il a été employé dans la fabrication du tissu pour chapeaux et c'est certainement de ce côté qu'il a trouvé le plus gros débouché.

La mode exigeant à chaque saison du changement, le crin artificiel et tous ses dérivés sont employés alternativement : tissus à chaîne et trame crin, tissus composés crin et laine, coton ou ramie, lames viscose, combinaisons de crin et de cellophane; garnitures pur crin, etc... C'est donc là un élément d'une grande souplesse d'adaptation et dont le succès ne cesse d'ailleurs de s'affirmer.

En dehors de ses applications dans la mode, le crin artificiel a trouvé pour ses déchets un placement assez intéressant, en mélange avec des crins végétaux, et animaux, dans la bourrellerie et la matelasserie. Pour les lames viscose on a également trouvé des applications dans la confection des perruques pour poupées et de divers articles de cotillon.

Ces quelques indications montrent que le crin artificiel et ses dérivés, dont les emplois dans la mode sont multiples, constituent aujourd'hui une matière textile importante, qui complète d'ailleurs les crins naturels plutôt qu'elle ne les concurrence.

Les filateurs français, les plus importants, ont des usines pouvant sortir en pleine activité, de 3.000 à 4.000 kilos par jour, et si toutes les manufactures de crins frisés étaient en pleine marche, elles produiraient annuellement entre quatre et cinq millions de kilogrammes; ce n'est actuellement pas le cas.

Malheureusement cette activité est contrebattue par les importations étrangères qui dominent très sensiblement les exportations françaises. Le fabricant étranger n'est pas frappé de la taxe sur le chiffre d'affaires dans les mêmes proportions que l'industriel français, et nos tarifs douaniers ne sont que très faibles (34 fr. les 100 kilos contre 10 francs-or, avant-guerre). Le dumping aidant, nous avons vu les importations allemandes passer de 16.000 kilos à 177.000 kilos de 1927 à 1930; les italiennes de 50.000 à 88.000 kilos et les anglaises de 38.000 à 49.000 kilos.

Au contraire les exportations françaises sont tombées de 78.000 kilos en 1927 à 7.300 kilos en 1930.

F. M.

§ 2. — Géographie.

Aux Iles Amsterdam, Saint-Paul et Kerguelen [1].

Le 8 janvier 1931, le petit vapeur *Ile-Saint-Paul*, 1.500 tonnes, partant de La Réunion, du port de la Pointe des Galets pour les Iles Kerguelen avec un chargement de charbon destiné à l'aviso *Antarès* qui croisait dans les mers australes.

A bord avait pris place M. E. Aubert de la Rue, chargé de mission, qui vient de donner dans *la Géographie* une intéressante relation de son voyage dont nous résumerons les principaux passages.

De la Réunion à la veille de l'arrivée à l'île Amsterdam le temps fut très beau mais la mer houleuse : la température moyenne qui était d'environ 25° au départ demeura supérieure à 20° jusqu'au 12 janvier, jour où le bateau franchit le trentième parallèle; elle tomba à 17° le 15 par 35° lat. Sud. La pression barométrique, jusqu'au 34e parallèle se tint constamment entre 760 et 764 (zone des hautes pressions de l'océan Indien austral) mais dès le 27e parallèle les alizés du sud cessèrent de se faire sentir et la grande brise d'ouest des mers du Sud domina à partir du 29e degré sud. Les albatros apparurent et devinrent de plus en plus nombreux.

Le 15 janvier, à 200 milles d'Amsterdam la pression tomba à 752, le 16 au matin elle n'est plus que de 745, le vent souffle en furie, tout le navire est balayé par des embruns énormes, mais on est en vue de l'île Amsterdam, et, dans la journée, une barque mise à la mer accoste dans cette île où des bovins apportés par des navigateurs au cours du XIXe siècle et qui se sont multipliés, sont les seuls possesseurs des pâturages du pays. L'unique arbre poussant sur l'île Amsterdam, où il forme de petites forêts est le *Phyllica arborea*, au tronc gris blanc et au bois très dur, ils atteignent 6 mètres de hauteur mais sont tous inclinés vers l'est sous l'action des vents dominants. On ne connaît cet arbre, en dehors d'Amsterdam, qu'à Tristan da Cunha.

Ces peuplements ont souffert des déprédations causées il y a plus d'un siècle par les baleiniers et les chasseurs d'otaries, car on trouve encore des branches à demi consumées par le feu. Notons que les éléphants de mer (*Macrorhinus leoninus*) furent aperçus nombreux sur la côte, mais les otaries ne furent pas remarquées.

Pendant la journée du 16 janvier, passée à la

1. *La Géographie*, n° 1-2, 1931.

Nouvelle-Amsterdam les observations de température donnèrent un maximum de 14° à midi et un minimum de 13° à 21 heures; moyenne 13°5; la température de la mer était de 14°. De cette île volcanique où Charles Vélain passa en 1874 en se rendant à l'île Saint-Paul il y aurait quantité de faits curieux à citer et à interpréter, mais pour cela il faudrait y séjourner plusieurs semaines; les Européens qui s'y sont arrêtées n'ont fait qu'y passer, notant à la hâte quelques observations. Le séjour d'une mission y serait infiniment moins pénible que dans les glaces polaires et cependant on multiplie les explorations périlleuses au pôle Nord: on oublie les îles perdues dans les mers du Sud.

Après avoir quitté Amsterdam la tempête augmenta de violence et le navire fut au cours de la nuit considérablement dévié de sa route; le matin du 17 janvier, cependant il mouilla face à l'entrée du cratère de l'île Saint-Paul, à l'abri des vents d'ouest; la faible profondeur de la passe (deux mètres seulement) ne permet malheureusement pas aux bateaux d'entrer dans le vaste port naturel formé par le cratère volcanique[1]. Cette île est *relativement* fréquentée. En dehors des expéditions officielles scientifiques qui la visitèrent les pêcheurs y viennent de temps en temps. La température n'y est pas plus clémente qu'à Amsterdam; du 17 au 20 janvier elle fut, en moyenne de 13°,5 avec un minimum de 10°,5 et un maximum de 17°,1, la température de la mer y fut de 14° comme à Amsterdam; la pression barométrique oscilla entre 755 et 757,8.

Depuis deux ans une petite population de pêcheurs originaires de Bretagne pour la plupart et une centaine de Malgaches vivent dans l'île Saint-Paul, travaillant pour le compte d'une société qui a installé une usine de conserves de langoustes. Ces crustacés sont extraordinairement abondants surtout sur les côtes orientales de l'île, à tel point qu'en une bonne journée en pêche on parvient à en prendre jusqu'à 25.000! les poissons peuplent les eaux de Saint-Paul avec la même abondance que les langoustes,

1. Les marins fréquentant l'île Saint-Paul ont parfois émis l'idée d'approfondir cette passe dont la longueur est assez faible : ce serait un travail facile à exécuter et peu coûteux qui rendrait les plus grands services.

l'espèce la plus appréciée est une variété de morue qui est séchée et salée.

Nous avons signalé déjà[1] l'importance que pouvait prendre la grande pêche dans le sud de l'océan Indien à la suite d'une enquête entreprise lorsque nous étions à La Réunion. Les collections que nous avons constituées pour M. le Professeur Gruvel jointes à la documentation que nous avions rassemblée montrent la richesse ichtyologique et malacologique de ces mers du Sud.

Un fait curieux et regrettable est le rôle destructeur joué par les nombreux manchots (*Euclyptes chrysolophus*) vis-à-vis des langoustes dont ils mangent les jeunes en grand nombre.

Nous ne pouvons rapporter dans cette note quantité de faits intéressants concernant le volcanisme et ses manifestations sous forme de sources chaudes à l'île Saint-Paul; comme nous le disions pour Amsterdam il conviendrait d'étudier à fond cette terre australe où en décembre 1874 la mission du commandant Mouchez dont Ch. Vélain faisait partie, vint observer le passage de Vénus sur le soleil.

Le 20 janvier le vapeur cinglait vers le sud-ouest pour atteindre les Kerguelen. Pendant les quatre jours que dura la traversée le vent ne cessa de soulever des vagues énormes entre lesquelles le navire disparaissait complètement. La température de l'air baissait aux environs de 5° par 46° lat. Sud, celle de la mer n'était plus que de 7°. Le 21 au matin la température tombe à 3°,5, le 25 à 2° il neige sur la terre et sur toutes les montagnes que l'on aperçoit dans l'archipel des Kerguelen. Enfin dans la matinée c'est le débarquement à Port-Jeanne-d'Arc. Cette station, installée en 1907 par une compagnie norvégienne pour le traitement des baleines et des phoques, est inhabitée depuis plusieurs années, aussi est-ce dans une des maisons libre d'occupants (heureux pays!) que put s'installer pour un long séjour afin d'y poursuivre des observations scientifiques, M. Aubert de la Rue : nous lirons avec intérêt le résultat de sa campagne d'exploration; certainement, sa moisson sera fructueuse car il y a peu d'ouvriers dans les champs de la science.

M. R.

1. *Bull. Soc. Géogr. commerc. de Paris*, n° 2, 1925.

L'IRRÉVERSIBILITÉ EN BIOLOGIE

Le paléontologiste Dollo[1] a énoncé une loi biologique qui porte le nom d'*irréversibilité de l'évolution* et qui semble universellement acceptée[2], peut-être surtout parce qu'elle s'accorde aussi bien avec les théories transformistes qu'avec le principe de Carnot : aucune espèce ne revient au type précédent, à la forme par laquelle elle avait passé antérieurement; ce qui a été perdu ne se retrouve plus ou plutôt ne se refait plus.

Cette loi, généralement admise en phylogénèse, paraît encore plus incontestable en ontogénèse : la cinétique qui conduit l'œuf à l'adulte est irréversible et jamais on n'a vu un adulte revenir à l'œuf dont il provient.

Ce sont là des faits et une notion qui paraissent bien établis, même dans le sens commun, bien que, épars çà et là, ils aient fait rarement l'objet d'une généralisation d'ensemble. Et cependant sont-ils indiscutables? Depuis plusieurs années, nous assistons à la désagrégation, à l'émiettement des idées les mieux fondées, et c'est la physique qui mène la crise : « Nous connaissons mieux que jamais les lois qui régissent les phénomènes physiques, et cependant, à aucune époque, notre scepticisme à leur égard ne fut aussi considérable »[3]. Que dire alors de la Biologie qui ne connaît les êtres vivants que optiquement, qui n'en sait que ce qui est visible; de la Biologie où nous nous heurtons, dans chaque problème, à un monde d'atomes et d'électrons qui nous semblent s'agencer et réagir d'une façon si complexe, que le préjugé vitaliste se prétend seul capable de l'expliquer; à un monde moléculaire où les fluctuations individuelles débordent un principe de Carnot, pourtant réduit à une loi statistique de très grande probabilité? Nous ne sommes même pas parvenus à introduire le temps dans un système-organisme qu'il serait logique de placer dans un espace à quatre dimensions. Nous savons qu'en partie tout au moins, le système-organisme dépend du système-environnement, mais en dehors des agents extérieurs que nous ignorons, nous omettons délibérément ceux que nous considérons, *a priori*, comme impondérables et incapables d'action; nous ignorons d'ailleurs les relations exactes de ces deux systèmes et attribuons à l'un ou à l'autre des valeurs arbitraires. Là où nous voudrions trouver du déterminisme, nous ne voyons plus que du hasard et des actions plus ou moins probables. Il est assez décourageant de constater que les faits mêmes sur lesquels nous nous appuyons ne sont exacts qu'aux yeux des biologistes d'aujourd'hui, et pourront ne plus l'être demain, de sorte que notre connaissance ne représente que la certitude d'une époque. Cette incertitude ne provient-elle pas de ce que la Biologie a trop demandé à la métaphysique ou bien s'y est adressée trop tôt? Et lorsque je dis : métaphysique, je pense aussi bien à la métaphysique physicochimique qu'à l'autre.

Si même nous croyons vraie la théorie généticienne, nous ne pouvons pas ne pas voir qu'elle s'appuie sur un substratum inconnu. Et ce mur métaphysique auquel nous nous heurtons chaque fois que nous voulons aller au fond des choses, nous impose l'inconsistance et l'intolérance d'un acte de foi qui n'est pas un fait de science.

La question que nous allons discuter peut se présenter sous la forme que lui avait donnée Henri Poincaré : Jean sans terre a passé par là. Repassera-t-il ou ne repassera-t-il pas? Les étapes de l'ontogénèse et de la phylogénèse, que nous ne pouvons considérer que comme des relais interdépendants dans une suite de descendance sont-elles irréversibles? Cette irréversibilité n'est-elle qu'apparente et ne masque-t-elle pas une réversibilité réelle?

Nous admettons que l'évolution se fait du simple au compliqué; les êtres les plus simples sont au bas de l'échelle, les mieux organisés aux barreaux supérieurs. Vérité probable, mais combien vague: c'est admettre une hiérarchie et un progrès. En quoi un caractère d'organisation est-il plus évolué qu'un autre? Pourquoi supposons-nous que l'Infusoire est inférieur à un Ver ou à un Mollusque? Question de taille, de volume ou de nombre de cellules? Le progrès est-il irréversible? L'évolution ne peut-elle avoir lieu dans les deux sens et si le cheval à un doigt est issu d'un cheval à cinq doigts, n'est-il pas possible que le cheval pentadactyle ne puisse réapparaître un jour et en suivant des étapes inverses de celles qu'il a suivies pour parfaire sa solipédisation? J'ai montré qu'un *Cyclops* peut dériver d'un *Canthocamptus*, et Bouvier a constaté qu'un *Atya* peut donner un *Ortmannia*; l'inverse ne serait-il pas possible? Il est évident que si nous connaissions le mécanisme et la direction du transformisme, la question serait résolue; malheureusement, il n'en est pas ainsi, et quelle que soit la force de nos

1. Dollo (L.) : Les lois de l'évolution (*Bull. Soc. belge Géol.*, VII, 1893).
2. Il est évident que les adversaires du transformisme l'ignorent.
3. Volkringer (H.) : La certitude en physique (*Nouvelles littéraires*, 27 septembre 1930).

convictions transformistes, nous nous appuyons beaucoup plus sur des raisonnements que sur des faits. Cette première difficulté nous arrête dès les premiers pas, si nous voulons discuter de l'irréversibilité de l'évolution.

Il en est une autre.

L'humanité croit beaucoup plus à la réversibilité qu'à l'irréversibilité; le fameux mythe du « retour éternel » qui, jusque et y compris la réincarnation, a si fort impressionné les romanciers, les poètes et les philosophes, persiste toujours : et il est plaisant de voir que le principe de Carnot exprime pour M. Meyerson [1] l'universelle irréversibilité, tandis que M. Abel Rey y voit la démonstration irréfutable du « retour éternel » [2].

Laissons cette question à la philosophie métaphysique; peu nous importe de savoir s'« il est nécessaire que le principe de Carnot soit violé » [3] et que « le retour éternel » soit une probabilité qui pourra peut-être se produire au bout d'un nombre de siècles représenté par l'unité suivie de dix milliards de zéros [4].

Efforçons-nous donc de ramener le problème dans le domaine des faits.

***

Le problème de l'irréversibilité est posé à l'échelle morphologique, mais quelles que soient les difficultés que nous ayons à relier la substance à la forme, il n'en est pas moins évident que le problème se pose également dans la substance vivante, moléculaire et colloïdale et, par suite, en suprême analyse, à cet étage atomique et électronique invisible à nos instruments d'investigation. Donc la chimie physique pourrait nous éclairer. Malheureusement les morphologistes ont une tendance dangereuse et instinctive à transporter les questions de chimie physique sur le terrain morphologique : ainsi en est-il des gènes ou facteurs héréditaires, qui ne sont que l'expression de rapports d'interdépendance, et que, abusivement sans doute, nous transformons en granules, en corps figurés, en fragments de chromosomes : c'est un quelque chose d'immatériel à qui nous donnons une forme; moyen commode de transformer la substance en forme, abus de causalité, soit; mais si nous n'employons pas ce moyen, nous ne comprenons plus le problème.

1. Meyerson (E.) : Identité et réalité, 3e éd., p. 315 et suiv.
2. Rey (Abel) : Le retour éternel et la philosophie de la physique. Flammarion, 1927. Le « retour éternel » a été aussi plaidé par Arrhénius, Nietzsche, G. Le Bon, et bien d'autres.
3. Rey : *loc. cit.*, p. 298.
4. Brunhes : La dégradation de l'énergie (Flammarion, p. 340).

Nous pourrons, il est vrai, concevoir (c'est là le sujet d'un livre de Pétrovitch [1]) qu'il y a des mécanismes communs à des phénomènes disparates; mais nous sommes bien embarrassés pour préciser ces mécanismes et pour savoir s'ils sont réversibles ou irréversibles; car, comme pour les diastases, il s'agit d'activités collectives, la plupart du temps inanalysables et qui ont cependant un rôle transformateur capital. Par la méthode et la manière de penser, chimie physique et Biologie n'ont pas encore conclu un accord nécessaire; elles ne marchent pas parallèlement et ne s'attendent pas aux carrefours. Chaque science évolue pour son propre compte, sans s'occuper des sciences voisines, et, suivant l'expression de Marcel Boll, il arrive alors que, « brusquement, elles aboutissent à des contradictions insolubles, dès que les progrès de l'expérimentation arrivent à les confronter ». Haldane pense que lorsque la Biologie s'introduira dans la physique, il se produira une transformation de cette dernière science. Cela est certainement vrai. Nous attendons encore le physicien qui nous montrera le mécanisme par lequel le monde moléculaire et atomique arrive à constituer une forme vivante; et la solution de ce grand problème qui est le fond même des sciences biologiques introduira certainement dans la physique des données que celle-ci n'aperçoit pas actuellement dans le monde inorganique.

La Biologie voudrait avoir *sa* chimie et *sa* physique, non comme sciences distinctes, car, comme le disait Claude Bernard, il n'y a qu'une chimie et qu'une physique; mais certains conditionnements, rares dans le monde inorganique sont la règle dans le monde organique, et créent à celui-ci une qualité qui n'existe qu'à des températures basses, dans des zones d'adaptation strictement limitées, dans des phénomènes discontinus et autocatalytiques qui s'engendrent eux-mêmes: la qualité de réactions chimico-physiques d'exception.

Comme l'a dit Perrin, la chimie physique voudrait expliquer l'influence de la composition d'un corps sur ses propriétés, « expliquer du visible compliqué, par du visible simple » [2]. C'est aussi ce que cherche la Biologie, mais si la Biologie recherche trop la forme dont elle constate en général l'irréversibilité, la chimie physique ne voit que la substance et ne peut affirmer que les réactions qui s'y passent sont toutes irréversibles.

La réversibilité étant définie la limite commune à deux séries de transformations réalisables en sens inverse, l'irréversibilité sera, suivant la défi-

1. Pétrovitch (M.) : Mécanismes communs aux phénomènes disparates (Alcan, 1921).
2. De la méthode dans les sciences. II. La chimie physique, p. 75.

nition de J. Perrin qu'un système isolé ne repasse jamais deux fois de suite par le même état.

Or, qu'est-ce qu'un organisme?

C'est un système physico-chimique d'exception qui parcourt une suite discontinue de faux équilibres (Duhem) ou états de contrainte (Urbain); ces états sont peut-être des états d'évolution extrêmement lente; cette supposition est légitime, car si un catalyseur ne vient pas provoquer une accélération et une transformation brusques, certains équilibres, quoique instables, peuvent être supposés indéfiniment stationnaires. Mais si la cause de l'instabilité est extérieure, le système n'est pas complètement isolé. De plus, lorsque les grandeurs et énergies de l'environnement restent invariées, le système paraît stable et fixe. La seule transformattion spontanée possible est celle qui consiste à passer d'un état moins stable à un état plus stable, c'est-à-dire qu'il y a tendance à l'irréversibilité. Le problème est donc subordonné à la durée, à la longueur du temps. Comme l'a souvent répété Le Dantec, « *un individu, c'est une histoire.* » C'est aussi ce qu'a bien vu Bergson : « Une définition parfaite (de l'individu) ne s'applique qu'à une réalité faite; or, les propriétés vitales ne sont jamais entièrement réalisées, mais toujours en voie de réalisation »[1]. Le problème est le même à l'étage colloïdal : l'unité d'un organisme s'exprime, en ontogénèse « par les variations de ses constituants considérés en fonction les uns des autres »[2], ce qui peut s'exprimer par la notion de vitesse de formation ou de destruction de ces constituants (Chodat, Brody, Fauré-Frémiet) et celle des vitesses de réactions discordantes (Goldschmidt).

Nous pouvons dire qu'à un certain degré de stabilité, la réaction est irréversible. Mais, même dans les réactions réversibles, il y a, pratiquement, une part d'irréversibilité. Cela résulte du fait que, depuis Sainte-Claire-Deville, on sait qu'il n'y a pas de réaction totale, complète; une réaction n'arrive jamais à l'équilibre parfait. Prenons le cas classique de l'éthérification de l'acide acétique par l'alcool éthylique :

$$1/3 \text{ mol. ac. acétique} + 1/3 \text{ mol. alcool} \rightleftarrows 2/3 \text{ mol. acétate d'éthyle.}$$

L'équilibre s'établit lorsqu'il s'est formé 2/3 d'éther. Donc il y a un résidu irréversible.

Au temps t, la vitesse de réaction (en désignant par x la quantité d'éther formée) s'exprimerait par la formule :

$$(1) \qquad \frac{dx}{dt} = kx(a-x) - k^1x^2.$$

Cette formule exprime la réversibilité.

On exprimerait l'irréversibilité par la formule :

$$(2) \qquad \frac{dx}{dt} = kx(a-x).$$

La réversibilité comporte donc une série de transformations au cours desquelles, en suivant les mêmes phases inversées, le système revient à l'état initial; ou bien, si l'on veut, « que chacun des états successifs par lesquels passe le système diffère infiniment peu d'un état d'équilibre »[1].

Van t'Hoff compare la réaction à une bille qui roule sur une courbe et s'arrête au point le plus bas. Soit une ligne ABC représentant la variation de composition du mélange à l'état d'équilibre. La réaction s'arrêtera au point C et le trajet sera irréversible. « Nous devons supposer que la bille est dépourvue d'inertie, qu'elle n'arrive pas au point le plus bas avec sa vitesse maxima pour dépasser ensuite cette position, mais qu'elle se meut de plus en plus lentement et arrive avec une vitesse nulle à sa position d'équilibre »[2]. Dans la réaction citée précédemment, le déplacement de la bille dans un sens correspond à la formation de l'éther, et le déplacement dans l'autre sens correspond au phénomène inverse, la saponification. C'est ce qu'exprime J. Perrin dans sa définition « une transformation réversible est la limite commune à deux séries de transformations réalisables en sens inverses ».

Supposons une réaction évoluant de l'état A à un état actuel B. Le trajet AB est irréversible. Mais supposons que la condition y soit modifiée de telle manière que le système atteigne un état a instable, de sorte que, à partir de ce moment, le système évolue suivant aA'. Entre aA'B pourrait se trouver une série continue d'états de faux équilibre qui pourront être réversibles. Et cette série pourra être indifféremment formée d'états stables ou d'états de contrainte. « Envisageons ce dernier cas. En l'absence d'action catalytique efficace, le système peut évoluer par voie réversible suivant la suite d'états de contrainte considérée. Mais en présence d'un catalyseur approprié, il peut subir une transformation spontanée qui sera par essence irréversible et dont l'état d'équilibre final appartiendra à une nouvelle suite d'états qui seront alors des états stables. Si les conditions qui déterminent la position du point A sur le dia-

1. L'Evolution créatrice, p. 14.
SAGERET n'a-t-il pas cherché à démontrer que sur cette question du *temps* Bergson, Le Dantec, Einstein et Rosny aîné ont exprimé des opinions identiques? (La révolution philosophique et la science, Alcan, 1924).
2. FAURÉ-FREMIET : L'énergétique du développement, 1925, p. 329.

1. GUYE (E.) : L'Evolution physico-chimique (Doin, p. 35).
2. URBAIN : L'énergétique des réactions chimiques (Doin, 1925, p. 15).

gramme sont maintenues constantes, alors qu'intervient le catalyseur le système subit la transformation irréversible dont il vient d'être parlé et cependant le point figuratif demeure en A. Ce point représente alors deux états différents du système, suivant qu'on le considère comme appartenant à la courbe des états stables ou à celle des états de contrainte »[1].

Ainsi dans un état de contrainte, nous trouvons des degrés divers d'instabilité. L'équilibre peut persister pendant un temps plus ou moins long et en suivant la loi des plus grandes probabilités, mais il y a toute une gamme de possibilités. L'état de contrainte est, par essence, instable et par la présence d'un catalyseur déterminé, il pourra toujours devenir irréversible, par suite d'une transformation spontanée.

Ces considérations nous permettent maintenant d'aborder les phénomènes qui peuvent se passer dans la substance vivante.

Dès le premier abord, nous trouvons une première difficulté purement verbale qui s'accentue à l'étage morphologique. C'est le sens même que prennent les termes réversibilité et irréversibilité. Nous comprenons fort bien ce qu'ils signifient à l'étage chimique. A l'état colloïdal, la réaction n'a plus comme points fixes que son point final et son point initial, mais les phases intermédiaires ne se correspondent plus. De plus, s'il y a réversibilité, nous ne sommes jamais certains que l'état final soit identique à l'état initial; il peut y avoir seulement apparence d'identité, ou du plus ou moins identique. Car, dans cet ordre d'idées, nous ne sommes jamais sûrs que A = A. Dans les phénomènes biologiques, les mots réversibilité et irréversibilité, bien que se comprenant parfaitement au point de vue du langage courant, n'ont donc plus la signification précise des mêmes mots dans le langage des chimistes et des physiciens. Comme nous n'avons aucun terme pour les remplacer, il est important de signaler cette non-identité possible qu'il faut toujours avoir présente à l'esprit.

Les travaux célèbres de Soerensen et de Loeb ont montré que les lois de la chimie inorganique valent aussi pour la chimie de la substance vivante; néanmoins, il y a une difficulté pour les biologistes. C'est que les chimistes qui étudient les colloïdes ne cherchent nullement à se placer dans les conditions naturelles, et, de ce fait, comme l'a fait remarquer Duclaux, la chimie physique ne se raccorde pas avec la biologie, ou plutôt les phénomènes chimiques de la vie paraissent aux biologistes très différents de ceux qu'étudient les chimistes[1].

Essayons cependant une application. A une température donnée et pour une pression osmotique donnée, la constante d'équilibre d'un colloïde est liée aux valeurs de la concentration moléculaire de ses composants. Si l'équilibre varie, la constante se déplace. Il en résulte que toute modification quantitative des énergies et des grandeurs de l'environnement devra déterminer une modification du système-organisme; modification, d'ailleurs, plus ou moins compensée par l'autorégulation qu'exprime le principe de Le Châtelier[2].

Or, dans le complexe colloïdal qu'est le protoplasma, il y a des parties réversibles et des parties irréversibles: il faut faire cette réserve[3] qui n'est pas toujours faite, que ce qui est en suspension n'est pas forcément réversible, que ce qui précipite n'est pas forcément irréversible. Le système entier est influencé par les déshydratations, les agglutinations, les précipitations, les constitutions colloïdales qui vont des sols aux gels et aux gelées et peuvent aboutir à la floculation irréversible. L'alternance des solidifications (gel, gélation), et des liquéfactions (sol, solations), que Delage avait prise comme point de départ de ses expériences de parthénogénèse expérimentale, est un phénomène constant et explique fort bien divers processus cellulaires, notamment le passage des Rhizopodes et des Amibocytes de l'état quiescent à l'état actif[4] ou réciproquement. Les expériences de microdissection de Chambers ont notablement précisé ces divers points. Mais là encore, nous ne voyons que les stades terminaux et ne connaissons pas les phases intermédiaires.

Trois points sont d'abord à considérer :

1° L'hydrogel protoplasmique est un colloïde hétérogène de signe négatif. Ses phases peuvent être séparées sous l'action des agents coagulants et précipitants, et cela à très faibles doses. Par la mort, il devient une suspension ou un système diphasique nettement hétérogène. Soerensen et Jacques Loeb ont montré que les albumines sont des ampholytes et que le *p*H a une action directe

1. Urbain : *loc. cit.*, p. 15.

1. « La tendance actuelle de beaucoup de chimistes est de considérer comme peu intéressantes les transformations qui ne sont pas logiques et, par suite, de ne pas les rechercher; la synthèse d'un composé n'est jugée valable que si elle a été accomplie à petits pas, degré par degré, et c'est peut-être à cette sorte de transformisme que la chimie organique doit d'avoir jeté peu de lumière sur les phénomènes naturels ». (Duclaux : La chimie de la matière vivante. Alcan, 1920.)

2. Labbé (A.) : L'autorégulation organique et les applications biologiques du théorème de Le Châtelier (*Rev. gén. Sc.*, 31 janvier 1926).

3. Verne (J.) : Le protoplasma cellulaire, système colloïdal (Doin, 1923, p. 100).

4. Fauré-Fremiet (E.) : Protoplasma, VI, n° 4, 1929.

sur leur fonction acide ou alcaline. D'autre part, s'il y a un pH extérieur que l'on peut connaître, il y a aussi un pH intérieur et la relation de l'un et de l'autre est subordonnée au passage des ions à travers la membrane suivant les équilibres de Donnan et de P. Girard. Il n'est pas douteux, comme je l'ai montré antérieurement[1] qu'il y ait un rapport entre pH_i et pH_e, entre le pH intérieur et le pH extérieur, et que les variations de ce rapport puissent amener des modifications dans les propriétés des colloïdes protoplasmiques.

Parmi ces propriétés, les points isoélectriques ont un intérêt particulier. Nous savons depuis les travaux de J. Loeb qu'au point isoélectrique, toutes les propriétés physiques du protoplasme : élimination d'eau, gonflement, pression osmotique, dissociation électrique, etc. sont minima. Il en résulte des modifications dans la distribution des substances qui amènent des processus « synthétiques plus qu'hydrolytiques ». La nouvelle théorie des dipoles de Debye pourra ici être envisagée.

Les travaux de Vlès et de ses collaborateurs sur la stabilité des complexes ont mis en évidence qu'un complexe d'ampholytes ne peut exister qu'entre deux points isoélectriques, qui deviennent ainsi des zones critiques pour le complexe. En dehors de ces points pourront se former d'autres complexes, et par conséquent, les chances de stabilité sont également au minimum. Vlès[2] a déterminé que le point isoélectrique d'un complexe se trouve entre les points isoélectriques des corps constituants. Dans de semblables complexes, les limites du pH sont de plus en plus étroites, et il suffit d'un minime déplacement du pH pour changer la composition du protoplasme; chaque groupe de complexes aura un domaine d'existence limité dans l'échelle des pH. Donc plus le protoplasme sera hétérogène, plus petite sera la valeur de pH pour laquelle pourra se produire un changement.

Si pour un pH extérieur élevé, le pH intérieur monte, les ampholytes peuvent atteindre la zone neutre : $pH = 7{,}07$. Mais cette zone n'a aucune importance pour les ampholytes dont la réaction ne peut être modifiée que si le pH intérieur passe par le point isoélectrique, « base au-dessous de ce point, acide au-dessus, l'ampholyte peut très bien présenter une zone où il se trouve au-dessus de son point isoélectrique et au-dessous de la neutralité »[3]. Vlès et Coulon appellent *réaction critique*, l'écart : $pH_i - pH$, écart ordinairement faible, se chiffrant par des décimales de pH, et ayant tendance à se rapprocher de 0. Avec une réaction critique négative, les albumines sont acides; avec une réaction critique positive, ce qui est le cas le plus fréquent, elles sont alcalines. Ce n'est donc pas, comme je l'avais écrit antérieurement, au point isoélectrique que se trouve la zone critique, mais dans l'écart $pH_i - pH$. L'élévation du pH extérieur déplace le point isoélectrique dans un sens plus alcalin.

Ainsi, la zone de stabilité est limitée par de très petites valeurs, positives ou négatives, de la réaction critique. Un léger changement de pH détruit la stabilité, d'où ces phénomènes quasi pathologiques qui peuvent aller jusqu'à la cytolyse, mais qui peuvent amener également des perturbations cytoplasmiques morphogénétiques. C'est ce que j'ai observé dans le transformisme des *Dunaliella*[1] et dans le passage des animaux de l'eau douce à l'eau salée et sursalée, et réciproquement.

De toutes façons, le système sera instable.

Deux cas peuvent alors se présenter :

a) ou bien une nouvelle modification du milieu le ramène à l'état antérieur. Si les réactions n'ont pas été trop accentuées dans le sens pathologique, il pourra y avoir réversibilité à l'état primitif, l'état anormal passager disparaîtra et le protoplasme, après des oscillations transitoires reviendra à sa structure antérieure. Nous remarquerons que le phénomène est plutôt une *régulation* qu'une réversibilité;

b) ou bien un nouveau régime s'installera qui persistera plus ou moins longtemps, mais tendra vers la stabilité ou l'atteindra. Ce sera un changement définitif qui ne reviendra plus désormais au point initial, puisqu'il sera plus stable. Il ne pourrait, en tous cas, y revenir qu'en suivant une série de phases différentes de celles qui l'ont amené à son état actuel; s'il y a un retour au stade initial, ce ne peut être que par une série de transformations qui ne sont plus de la réversibilité vraie. Le point initial A appartiendra aussi bien à la courbe des états stables irréversibles qu'à celle des états stables réversibles.

2° Le deuxième point, c'est l'action d'un catalyseur qui introduit la notion de vitesse, c'est-à-dire le temps. Nous avons déjà vu qu'elle entraîne l'apparition brusque d'une réaction qui, sans lui, peut-être, ne se serait produite qu'avec une lenteur très grande. Or, ce catalyseur, nous ne pouvons le trouver que dans le milieu extérieur. C'est donc finalement un agent du milieu extérieur

1. Labbé (A.) : Introduction à l'étude des milieux marins hyperalcalins (*Arch. Zool. exp. gén.*, LXII, 1924).
2. Vlès : Considérations sur le point isoélectrique des ampholytes; application à la formation des complexes (*Arch. Phys. biol.*, IV, 298, 1925).
3. Reiss (P.) : Le pH intérieur cellulaire (Presses universitaires, 1927).

1. Labbé (A.) : Contribution à l'étude de l'allélogénèse; 1er mémoire : Les cycles des *Dunaliella* (*Arch. Anat. micr.*, XXI, 1925).

qui déclanchera le changement possible, réversible ou irréversible.

Nous savons cependant que l'organisme peut être à lui-même son propre catalyseur. Mais dans ce cas, la réaction est ordonnée, sériée, toujours la même. Elle aura une apparence de continuité, de fatalité que l'on traduit ordinairement et peut-être à tort par le mot hérédité. La réaction normale sera activée par l'autocatalyse. Le changement sera le fait d'un catalyseur externe.

3o Enfin, il faut ajouter un troisième point.

Suivant le terme de Carlyle-Poincaré, « Jean sans terre a passé par là ». Puisque la réaction est irréversible, il n'y passera plus, c'est entendu. Mais pourquoi ne repassera-t-il plus? Est-ce parce qu'il a autre chose à faire? Est-ce parce qu'un obstacle l'empêche de repasser? Est-il d'ailleurs déterminé fatalement à ne plus repasser; ou bien est-ce seulement une très grande probabilité? Il est peut-être mieux d'imaginer qu'il y a réversibilité, par suite d'un facteur ou d'un obstacle qui s'oppose à l'irréversibilité. Quel est cet obstacle? Nous avons montré antérieurement[1] qu'on pouvait le trouver dans le principe de Le Châtelier dont l'importance biologique n'est plus à démontrer et d'après lequel toute perturbation est contrebalancée par une influence contraire qui tend à la restreindre ou à l'annuler : c'est l'autorégulation : substances-tampons, compensations thermiques, régularisation des échanges ioniques, hémiperméabilité des membranes cellulaires, toutes conditions d'état du système cellulaire qui varient entre certaines zones critiques de pH, de température, de salinité, etc.; tout cela comporte l'obstacle à l'irréversibilité. Mais l'obstacle n'est pas permanent, il peut fléchir, ou s'atténuer, il peut être en défaut, et il reste toujours dans les apparences réversibles, une part d'irréversibilité possible. En résumé, le principe restricteur à la variation n'est pas l'hérédité, comme on le croit ordinairement, c'est la loi de Le Châtelier, loi physique.

Par exemple, le jeu même de la synthèse des protéiques peut, d'après Pictet, transformer les composés organiques à chaîne ouverte en substances à chaîne fermée, et cette cyclisation a peut-être une grande importance dans le devenir de l'organisme[2]. Les pigments, les uns réversibles, les autres irréversibles, jouent aussi leur rôle, qui se complique du fait de catalyseurs, comme les peroxydases, les dopa-oxydases, tyrosinase, etc. Aux environs du point isoélectrique, il y a toujours une part d'irréversibilité et si l'on arrive à la réaction critique, l'irréversibilité devient définitive. Jean sans terre ne repassera plus par là... Mais lorsque le seuil d'irréversibilité n'est pas atteint, la réversibilité est possible. Rien ne dit d'ailleurs, que la reconstruction suive les mêmes phases que la construction primitive. Dans l'allélogénèse des *Dunaliella*, les grains d'amidon disparaissent, puis se reforment. Est-ce bien là, une réversibilité? Réversibilité biologique? Oui; réversibilité chimique? Peut-être pas. Disons plutôt réversion; mais cette réversion est aussi une recréation.

Jean Perrin a résumé ainsi le principe de Carnot: « Un système isolé ne repasse jamais deux fois de suite par le même état ». Mais le principe de Carnot est statistique et l'organisme n'est pas isolé; disons donc plutôt: il y a des chances que Jean sans terre ne repasse plus par là. Ce n'est, en effet, qu'une très grande probabilité; tout est plus ou moins stable, plus ou moins irréversible; il n'y a pas deux classes de phénomènes : les réversibles et les irréversibles. Toute réaction en apparence réversible possède en réalité une certaine quantité d'irréversibilité. Les équilibres chimiques ne reposent pas sur « l'indifférence » absolue des corps en présence; cette indifférence apparente résulte de ce que leurs actions se compensent. Il faut tenir compte de l'activité des ions et des molécules, des probabilités des rencontres, du hasard des chocs moléculaires, et cela nous oblige à la prudence et à maintes réserves.

Si nous appliquons ces données à la physiologie cellulaire, nous voyons qu'elle est faite de cycles discontinus et en apparence réversibles. La combustion des hydrates de carbone et des protéines par l'oxygène de l'air, réactions exothermiques très lentes, mais qui peuvent être accélérées du fait de catalyseurs, produit de l'énergie directement utilisable en travail et sans production de chaleur. La vie exige la continuité de ces potentiels d'énergie cycliques et réversibles dont l'équilibre est lié à l'instabilité des substances protéiques. Mais il y a toujours une part possible d'irréversibilité, parce que les facteurs agissant sur le nombre des chocs moléculaires, de même que ceux qui influent sur l'efficacité des chocs sont variables: donc le moment et la possibilité des transformations ne sont pas forcément cycliques. Solations et gélations, oxydations et réductions, hydratations et déshydratations peuvent entraîner des réactions irréversibles, soit du fait même de la réaction, soit du fait du résidu de cette réaction qui n'est jamais totale.

Enfin, il faut reconnaître avec Bounhiol, qui a eu le mérite de la mettre en évidence dans un

1. Labbé (A.) : Contributions à l'étude de l'allélogénèse; 2e mémoire : Croissance et environnement (*Bull. Biol. Fr.-belg.*, IX, 1926).
2. Pictet : *Bull. Soc. helvét. Sc. nat.*, 1925.

livre récent[1] que tout animal est le siège d'un débit énergétique qui se dégrade constamment en chaleur : or, ces cycles dégradateurs ne sont pas réversibles. Malgré certaines réserves, le deuxième principe de Carnot semble donc bien s'appliquer aux phénomènes de la vie, surtout si on le considère comme ayant une valeur statistique, ce qui ressort, d'ailleurs, des travaux de Gibbs et de Boltzmann[2].

Il est évident qu'en ces quelques pages, je puis à peine esquisser une question qui exigerait un volume entier d'exposition. Je crois cependant que ce qui précède indiquera suffisamment l'idée générale du problème, et fera mieux comprendre le point de vue morphologique.

***

Considérons maintenant le point de vue morphologique.

Le phénomène qui caractérise le mieux l'essence d'un être vivant, c'est la division cellulaire qui remplace une cellule par deux cellules identiques à la première. Les deux processus essentiels de l'ontogénèse : *croissance*, c'est-à-dire augmentation de volume et de poids; et *différenciation*, c'est-à-dire organisation plus hétérogène, sont subordonnés à la division cellulaire.

Or, si on analyse le processus de la caryocinèse, on voit qu'elle suit un cycle réversible; de la prophase à l'anaphase et de celle-ci à la métaphase, les phénomènes se succèdent dans le même ordre et en sens inverse. Si la division s'arrête en cours de route, elle reprend son cours dès que la cause inhibitrice a cessé d'agir; le cycle est, du reste, en relation avec des modifications physico-chimiques de la cellule.

Et cependant, il est facile de constater que le phénomène dans son ensemble est irréversible, il aboutit à deux noyaux et ne revient jamais à l'état initial uninucléé; la séparation à l'anaphase des deux moitiés d'un chromosome est définitive. Ainsi, comme l'avait dit Delage[3] ce qui est essentiel dans la caryocinèse, c'est la division directe, c'est le fait que, au point de vue quantitatif, et peut-être qualitatif, la masse nucléaire se divise en deux. Les phénomènes réversibles de la caryocinèse aboutissent à une irréversibilité finale, et la division nucléaire nous présente bien le *type* biologique de l'irréversibilité.

Il arrive parfois que les phénomènes de cytodiérèse, après s'être produits semblent s'annuler. Dans quelques cas particuliers : Collemboles (*Anurida, Macrotoma*), la segmentation totale de l'œuf se produit, puis les cloisons cellulaires s'effaçent, les blastomères deviennent indistincts, la blastula devient syncytiale et les noyaux émigrent à la périphérie; mais ces noyaux ne se refusionnent pas en un noyau unique, les énergides persistent et on ne peut voir dans ce processus qu'une modification secondaire.

De toutes façons et dans tous les cas, la division cellulaire transforme une individualité en deux individualités distinctes et irréversibles.

La même irréversibilité se présente dans les fusions cellulaires, comme la formation des plasmodes des Myxomycètes ou de l'œuf avec les cellules vitellines[1].

Il n'est pas besoin, non plus, de démontrer l'irréversibilité des divisions réductrices dans la maturation des produits sexuels. Cependant, on pourrait signaler, comme phénomène réversible, la refusion, dans certains œufs parthénogénétiques (*Artemia salina, Lecanium hesperidum*) du deuxième globule polaire avec le pronucléus femelle.

Je me borne à signaler, l'ayant discutée ailleurs, la question du plasma germinatif : continu, immuable, immortel pour les uns; recréé, au moins partiellement, pour d'autres. Si le patrimoine héréditaire se refait à chaque génération, il paraît évident que cette réversibilité est toute relative et ne peut prétendre à une identité absolue, d'où la possibilité des mutations dans les gènes. Mais de toutes façons, cette réversibilité aboutira à un individu irréversible.

L'ontogénèse, dans son ensemble, sinon dans les détails, aussi bien en ce qui concerne la croissance que la différenciation, est irréversible, aussi bien chimiquement que morphologiquement. Toutes les transformations qui s'effectuent de l'œuf au début de la vie embryonnaire, sont exothermiques, produisent une certaine quantité d'énergie chimique, laquelle provient surtout de la combustion des graisses et des hydrates de carbone et se dégrade en chaleur. Il est possible que la transformation (ou les modifications) des constituants cellulaires ne soit pas toujours discontinue et puisse parfois être lente et progressive; en tous cas, ces transformations déterminent des variations cycliques de la croissance. La vitesse de transformation suit la loi d'action des masses, et est à tout instant

1. Bounhiol (J.-P.) : La Vie (Flammarion, 1927). C'est d'ailleurs l'idée de Rankin. Dans les êtres vivants, les phénomènes de sénilité, de vieillissement, s'opposent constamment aux processus évolutifs. En somme, l'organisme suit une double voie où circulent sans retour possible deux trains parallèles, l'un de croissance, l'autre de vieillissement, avec des vitesses discontinues et inégales.

2. Guye : L'Evolution physico-chimique (Chiron).

3. L'Hérédité, 2e éd., p. 788.

1. Ce dernier phénomène se présente sous des aspects divers. Voir : Labbé (A.) : L'Ovogénèse dans le genre *Myriothela* et *Tubularia* (*Arch. zool. exp. gén.*, 3e série, VII, p. 1-32, 1899)

proportionnelle à la masse de substance transformable et à la masse de substance transformée. D'autre part, chaque organe a sa courbe de vitesse de transformation, mais les transformations sont liées à celles du corps entier et des autres organes [1]. Les cycles de croissance apparaissent comme des cycles fermés, mais il se produit un cycle nouveau, si la réversibilité à un état antérieur est devenue irréalisable. Il en résulte ainsi que la croissance a une évolution déterminée, c'est-à-dire apparaît comme une « série de transformations, irréversible, parce que les conditions générales du système sont continuellement modifiées en fonction du temps » [2].

La croissance forme ainsi une longue série de cycles interdépendants. « Quand les modifications lentes, caractéristiques du travail de croissance ou de multiplication, ont acquis une valeur limite, elles déclancheront un mécanisme nouveau, ou travail de récupération, entraînant le retour à l'état initial » (Fauré-Frémiet), c'est-à-dire une réversion. Les processus de la croissance sont limités et irréversibles dès le début, et on peut leur appliquer la loi d'accroissement discontinu et cyclique de Robertson. Comme nous l'avons vu plus haut, au processus de la croissance se juxtapose un autre processus, le vieillissement, la sénescence; ces deux processus fonctionnent parallèlement, mais à des vitesses différentes. Les deux processus peuvent être ralentis, peuvent s'arrêter, mais ne peuvent revenir en arrière.

On pourrait dire, avec Fauré-Frémiet, que tout se passe comme si, dans la croissance, une substance auxétique x s'épuisait au cours du développement; mais, de ce que l'ontogénèse peut être représentée par des états successifs interdépendants, il s'ensuit que l'on arrive au même résultat si l'on envisage la théorie des « vitesses de réactions discordantes » de R. Goldschmidt [3]. Ainsi, l'irréversibilité s'unit à la discontinuité dans une ontogénèse limitée, et la solution ne sera pas autre, si l'on prolonge le temps, c'est-à-dire si l'ontogénèse se poursuit au delà de la normale.

Si, en fait, et avec certaines réserves, on peut dire que la croissance est irréversible, il en est de même de la différenciation qui n'est qu'un degré d'organisation plus hétérogène. Mais là peuvent apparaître des retours en arrière, des réversions, sinon des réversibilités vraies. Une cellule ciliée peut perdre ses cils et les récupérer ultérieurement; une cellule glandulaire perdra momentanément sa fonction sécrétrice. Mais en général, lorsqu'une cellule s'est différenciée, spécialisée, le retour à l'indifférence embryonnaire peut être considéré comme impossible, parce que l'organisme a changé et que son milieu intérieur s'est modifié. Les cultures de tissus, la formation des cellules cancéreuses, montrent cependant des dédifférenciations, des involutions, et il est d'usage courant de parler, alors, de « retours » à la forme embryonnaire; ce n'est pas exact, car cette involution doit être considérée comme une différenciation différente, comme un changement de structure. C'est ce que montrent les cellules cancéreuses, dont les propriétés de multiplication, loin d'être diminuées, sont exagérées. L'involution peut ramener la cellule à un état indifférent, mais non à un état embryonnaire : l'irréversibilité règne toujours.

D'ailleurs, la fermeture du cycle d'une cellule qui semble retourner à l'état initial, n'est ordinairement que l'ouverture d'un cycle nouveau. Partout, nous trouverons une réversibilité apparente qui se ramène à de l'irréversibilité, ou plutôt dans laquelle il y a une probabilité plus ou moins grande d'irréversibilité; en gros, l'irréversibilité apparaît seule dans le phénomène total : le cycle de l'œuf comprend une première période pendant laquelle s'accroît le potentiel chimique, une deuxième pendant laquelle ce potentiel se dégrade et où l'énergie libérée se transforme en travail chimique et morphogénétique. Puis commence le cycle de croissance qui est également irréversible. De toutes façons, il n'y a pas de retour à un état initial; et lorsqu'il paraît y avoir réversibilité, cette réversibilité n'est en réalité qu'une phase nouvelle d'évolution.

Ainsi, les processus ontogénétiques sont limités, discontinus et irréversibles. La limite est, du reste, relative, et l'allélogénèse nous a montré qu'elle pouvait n'être pas la même chez les œufs d'une même ponte: certains vont plus loin (*phyloténie*), d'autres moins loin (*néoténie*) que les autres. La discontinuité s'applique aussi bien aux Protozoaires et aux cellules en culture qu'à l'ontogénèse, mais la loi cyclique de croissance qu'expriment les courbes de Robertson ne paraît pas une propriété fondamentale des systèmes organiques, puisque des organismes comme la levure de bière sont régis par une loi d'accroissement continu comme la formule logarithmique du Slator [1]. De plus la présence ou l'absence de certains constituants cellulaires provoquent des variations de la croissance

1. Fauré-Fremiet (E.) : Cinétique du développement (Presses Universitaire, 1925).
2. Fauré-Fremiet (E.) : Où en est l'embryologie? (Gauthier-Villars, 1927, p. 218).
3. Goldschmidt (R.) : Einige Materialen zur Theorie der abgestimmten Reaktionsgeschwindigkeiten (*Arch. mikr. anat. Entw.*, XCVIII, 1923).

1. $\frac{dn}{dt} = k\,(N + n)$ ou N représente le nombre des cellules primitives et n, leur nombre au temps t.

(tréphones de Carrel, substances endocrines, vitamines, etc.).

Un être en évolution représente une sériation de changements physico-chimiques interdépendants, formés d'une chaîne de faux équilibres, donc « la variation continuelle, sinon continue, de la composition d'un organisme est inséparable de l'idée de développement »[1]. Cette variation est comprise entre certaines valeurs limites; on peut concevoir qu'il pourra s'établir un régime nouveau comportant un mécanisme régulateur; c'est là que l'on pourra situer le problème de la forme et de l'hérédité. Les courbes de Robertson expriment bien l'irréversibilité de cycles réversibles. Si l'on considère que le taux de la croissance est un coefficient d'accroissement pour une unité de temps, nous exprimerons que la vitesse de croissance varie continuellement, et passe par un maximum et qu'en fonction du temps, ces variations de vitesse pourront être représentées par une courbe en S.

En résumé, l'irréversibilité réelle est un phénomène général, mais elle est masquée souvent par une réversibilité apparente. Nous avons vu plus haut qu'on oublie trop souvent qu'un cycle fermé, réversible, n'est pas seulement une approximation où les terminus sont identiques et non les stades intermédiaires : A —→B —→A. Il faut que tous les stades entre B et A soient identiques à ceux qui se sont produits entre A et B. « Si tous les phénomènes se reproduisent à intervalles réguliers, il faut que ce soit rigoureusement, avec les mêmes détails, autrement l'état second différera de l'état premier par des caractères qui décèleront de manière irréversible la différence entre l'avenir et le passé et on retombera ainsi sur l'idée d'un monde évoluant dans une direction déterminée »[2]. Il faut bien reconnaître que dans tous les cas de réversibilité, il y a toujours quelque chose de nouveau, quelque chose qui est du changement irréversible. Comme le dit Spencer, dans la nature, l'action et les réactions des forces ne ramènent jamais un état précédent. Ces considérations reçoivent une confirmation dans cette conception soutenue par Ostwald, Chodat, Robertson, Fauré-Frémiet, que la croissance est essentiellement autocatalytique et peut s'exprimer par des courbes en S, les courbes de Robertson qui peuvent toujours s'exprimer par une formule mathématique :

$$\frac{dx}{dt} = kx(a - x).$$

1. Fauré-Fremiet : Cinétique du développement, p. 329.

2. Renouvier, cité par Metz : Une nouvelle philosophie des Sciences (Alcan, p. 158).

C'est pour cela que la régénération qui est toujours, à un certain degré, une hétéromorphose, doit être considérée, non comme un phénomène de réversibilité, mais comme un fait évolutif.

Le développement proprement dit, le travail de formation de l'embryon peut être défini « comme la dégradation d'un système fermé en système ouvert à potentiel diminué » (Fauré-Frémiet). Ici, le problème morphogénétique domine, mais il est à son tour dominé par la croissance, phénomène chimique qui s'accompagne de la différenciation, c'est-à-dire à la fois de l'augmentation de masse et de l'augmentation d'hétérogénéité intracellulaire et de complexité physico-chimique. De toutes façons, aucun organisme adulte ne peut revenir à l'œuf, en suivant, phase par phase, et en sens inverse, les étapes du développement.

On a pu cependant relever quelques observations assez énigmatiques, où l'ontogénèse paraîtrait partiellement réversible. De semblables phénomènes réversibles ont été signalés chez les Ciliés : Lund a observé que certains Infusoires, comme *Bursaria truncatella* en s'enkystant, perdent leur structure, puis se réorganisent complètement. L'évolution des Trypanosomes et d'autres Flagellés montre des phénomènes analogues. De même, E. Schultz et Dawidof[1] auraient observé chez un Némertien, *Lineus lacteus,* amputé entre le cerveau et la bouche, la régénération de ces petits tronçons; mais, conservés en inanition, ils diminueraient de taille jusqu'à devenir presque invisibles et retourneraient à l'état embryonnaire qu'ils présentent dans le Pilidium. On a signalé quelques cas semblables d'involution (Tardigrades, corps bruns des Bryozoaires, régression de certains organes chez les parasites, régression du Nauplius des Monstrillides, de la larve Kentrogone de la Sacculine, etc.). Il serait intéressant de rassembler les faits de cet ordre qui sont, il est vrai, exceptionnels, et de leur donner une explication rationnelle. Ce sont des involutions, des régressions avec histolyse et phagocytose, des disparitions et réapparitions d'organes, qui sont des phénomènes d'organisation secondaires, où la réversibilité n'a rien à voir. Il en est de même du bourgeonnement, de la régénération, de la cicatrisation, de la dédifférenciation dans le cancer, dans les cellules de tissus, du regroupement des cellules d'Eponges (Wilson), etc. Nous pouvons bien y voir un état final revenir à un état initial, mais par des voies plus ou

1. Dawidof (C.) : Sur le retour d'un Némerte en inanition à l'état embryonnaire (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXIX, 1924, p. 1222 et 1361).

Voir aussi : Kollmann (Max) : *C. R. Soc. Biol.*, LXXXV, 1921, p. 1007 et 1046.

moins différentes du passage de l'état initial à l'état final.

En somme, rien ne s'oppose à ce que l'ontogénèse, dans son ensemble, soit un phénomène d'essence irréversible, discontinu, et limité, bien qu'il puisse s'y trouver des réversions. Mais sa limitation, pour être ordinaire, n'est pas pour cela absolument déterminée. Dans des conditions particulières, l'ontogénèse peut s'arrêter en deçà ou se poursuivre au delà de ses limites habituelles. Dans le premier cas, nous avons une allélogénèse néoténique, dans le deuxième cas, une allélogénèse phyloténique. La néoténie n'est pas un fait d'évolution, mais une variation ontogénétique qui n'est pas forcément héréditaire. A ce titre les individus néoténiques pourront être réversibles au sens que je définirai plus loin.

La phylogénie va maintenant nous occuper. Le problème, ici, devient plus incertain dans ses données, mais on peut penser que la phylogénèse présentera la même irréversibilité que l'ontogénèse, si, comme je l'ai plusieurs fois écrit, elle n'est qu'une « ontogénèse prolongée ».



C'est surtout à propos de la phylogénèse qu'il faut bien s'entendre sur le sens que les biologistes donnent au mot réversible.

Delage[1] s'exprime ainsi : « J'appelle et appellerai désormais *réversible*, la modification germinale capable de reproduire dans le soma de la génération suivante une modification précisément identique à celle du soma de la génération précédente qui l'a produite elle-même ». Ce qui est réversible, c'est donc le phénomène ou le facteur capable de reproduire la modification somatique qui l'a engendré. Une variation réversible est « telle que celle du germen reproduise dans le soma de la génération suivante exactement la modification qui, à la générattion précédente en a été le point de départ ». Cette définition a un premier tort, celui d'impliquer l'hérédité des caractères acquis[2]; d'autre part, le mot réversible est inutile puisqu'il signifie simplement la continuation de l'effet, la non-fixation d'un changement.

J'ai employé dans mes premiers travaux sur l'allélogénèse les mots irréversible et réversible dans un sens assez analogue (qui du reste, n'est pas meilleur) en me basant sur les considérations suivantes : puisque la poule fabrique l'œuf et que l'œuf à son tour fabrique la poule, la réversibilité doit normalement s'étendre à tous les phénomènes qui vont de l'œuf à l'adulte, c'est-à-dire à l'ontogénèse; mais alors l'effet devient la cause, la cause devient l'effet. Dans le cas normal, il y a donc réversibilité, ou plutôt identité, à chaque génération; mais s'il intervient un changement de milieu, il peut y avoir changement morphologique, provenant d'une variation dans l'ontogénèse. De deux choses l'une, ou bien ce changement ne sera pas hérité, ou bien il le sera. Dans le premier cas, la variation sera dite réversible, dans l'autre irréversible. On voit ainsi que faute de mots convenables, une telle réversibilité n'a rien à voir avec la réversibilité des chimistes et des physiciens. Dans le sens où l'entendent les biologistes, la réversibilité sera une identité, une stabilité des ontogénèses, l'irréversibilité sera un changement durable, c'est-à-dire de l'évolution. Pour cela, j'emploierai plutôt le mot *réversion*, un retour en arrière consécutif à un changement passager. D'ailleurs, il suffit seulement de s'entendre et de ne pas confondre.

Un changement de milieu, par exemple un pH ascendant peut déterminer, ou bien des formes réversibles (somations) ou bien des formes irréversibles (mutations, novations). C'est ce que j'ai vu dans la faune des marais salants.

Nous savons que les organismes, sous l'action des agents extérieurs, peuvent présenter des somations, modifications morphologiques non transmissibles. La génétique, considérant que l'hérédité des caractères acquis n'existe pas, et que les modifications adaptatives ne peuvent influer sur le germen, oppose aux somations les mutations des facteurs héréditaires pouvant produire des modifications morphologiques transmissibles, mais qui ne sont qu'exceptionnellement influencées par les agents extérieurs. Avec quelques autres biologistes, je considère que cette séparation intransigeante que l'on a établie entre somations et mutations n'existe pas; non pas que j'admette l'hérédité des caractères acquis, mais il y a des somations héréditaires et des mutations qui ne le sont pas, et, comme je l'ai montré dans un précédent article[1] on peut trouver toute une gamme de transitions, à la vérité peu explicables dans l'état présent de nos connaissances, qui montrent simplement, comme l'a dit Cuénot, que « bien des réactions adaptatives sont sur le chemin de devenir héréditaires »[2]. Ainsi existe toute une série de transformations réversibles qui tendent à l'irréversibi-

1. L'Hérédité, 2e édition, p. 387, en note.
2. Il faut remarquer que, pour Delage, la variation héritée ne ressemble pas forcément à la variation causale. C'est également l'idée de Le Dantec : si on amène dans un phénomène B une modification *b*, il en résultera pour le phénomène A une modification *a*. Inversement, la modification *a* pourra produire *b*.

1. Labbé (A.) : Mutations et novations (*Rev. gén. Sc.* 31 janv. 1931).
2. Adaptation, p. 255.

lité. Ici, c'est l'hérédité qui est en défaut; d'où la conclusion que l'hérédité évolue, et ne représente nullement quelque chose de fixe et d'immuable, ce n'est plus la loi du « tout ou rien », et à côté des phénomènes héréditaires, il nous faut bien reconnaître la réalité de phénomène *plus ou moins héréditaires*.

Il y a dans les phénomènes héréditaires toute une série de faits auxquels on a donné le nom de *réversion* ou d'*atavisme*. « La réversion », dit de Vries, « signifie le retour en arrière à un autre type, et le mot lui-même exprime que ce dernier type est la forme d'où la variation est née. L'atavisme ou réversion est le retour à un prototype, c'est-à-dire à ces ancêtres dont on sait que dérive une forme ». Comme l'a fait remarquer Delage[1], le terme comprend en réalité des choses fort différentes : les unes dérivent de l'hérédité normale, et se compensent d'elles-mêmes; il en est de même de la réapparition de certains caractères dans les hybrides; mais il est un lot plus discutable, celui où des caractères nouveaux apparaissent, dont on ne peut savoir s'ils ont existé antérieurement dans l'ascendance. La génétique explique fort naturellement les premiers par un regroupement de facteurs qui s'étaient disjoints pendant un grand nombre de générations; cela peut se produire à la suite d'un croisement, dans lequel les facteurs disjoints sont apportés à nouveau par les parents de l'hybride. Arthur Thompson exprime cette idée de l'atavisme sous une forme pittoresque : « Le jardin d'une maisonnette de berger, englobé dans une forêt, perdit toute trace de ses cultures anciennes et devint un tapis de mauvaises herbes. Après bien des années, il fut labouré et l'on vit réapparaître toutes sortes de fleurs démodées dont les graines étaient restées endormies pendant des années. Ainsi, dans le jardin de ce que nous appelons notre hérédité, des fleurs et des graines anciennes peuvent réapparaître en sortant de leur latence »[2].

Ces apparents retours en arrière (*mutations réverses*), les généticiens les expliquent par le regroupement de facteurs antérieurement disjoints. Mais quelle preuve en possède-t-on?

Rabaud a observé, dans des élevages de souris, une curieuse mutation, celle de « pattes luxées », ce qui correspondrait à l'absence de tibia et à l'hypertrophie du péroné qui se tordrait et prendrait une forme arquée; mutation héréditaire, bien que au bout de quelques générations puissent apparaître dans la descendance des individus normaux, ou des anomalies unilatérales, en petit nombre d'ailleurs (à peine 1/10)[1].

1. L'Hérédité, p. 262.
2. Thomson (Arthur) : L'Hérédité, p. 117.

Récemment, Stockard, en croisant des cobayes possédant encore le petit orteil (on sait que, d'ordinaire, le gros et le petit orteil manquent au membre postérieur des cobayes), a réussi à obtenir des individus où ce petit orteil est maintenu et même un individu à 5 doigts (au lieu de 4)[2]. Au même ordre d'idées pourraient se ramener les cas accidentels de polydactylie chez le cheval[3]. De nombreux faits analogues ont été constatés chez les animaux comme chez les végétaux. Tant dans les élevages de Drosophiles que dans nos races domestiques, on a souvent observé, aussi bien par une mutation simple que par hybridation, des retours au type sauvage; ces mutations se montrent souvent instables, et l'on y voit des intermédiaires entre des mutations et de simples somations instables.

Pour Guyénot[4], ces réversions rendraient très relative l'irréversibilité de l'évolution. Rien ne démontre pourtant qu'on puisse dans tous les cas, les attribuer à la réapparition d'un gène ancien resté latent, ou à un regroupement de gènes antérieurement disjoints; rien ne démontre, non plus que, au cours des générations successives, le patrimoine héréditaire ne puisse récupérer certaines potentialités qu'il avait perdues antérieurement; rien ne démontre que le phénomène soit de l'essence des mutations et qu'on ne puisse l'attribuer à un changement dans l'hérédité spécifique — c'est-à-dire à une novation — au moins dans certains cas particuliers. Il y aurait même dans cette dernière conception, le principe d'une explication des orthogénèses. Dans tous les cas, réversions ou mutations réverses ne sauraient être un argument contre l'irréversibilité de l'évolution. Nous voyons seulement qu'il y a des cycles réversibles dans tout phénomène irréversible. Dans un autre article[5], nous avons montré après bien d'autres, que les mutations sont incapables d'expliquer l'évolution, ce ne sont que des oscillations au hasard d'un génotype qui n'est pas immuable, qui ne sauraient produire qu'une diversification raciale dans les grands genres, Linnaeon ou Jordanon, c'est-à-dire de la micro-évolution.

C'est dans la macroévolution, qui est une pro-

1. Rabaud (E.) : Sur une anomalie héréditaire des membres postérieurs chez les Souris (*C. R. Soc. biol.*, LXXVII, p. 411, 1914). — Dominance et récessivité chez les Souris (*Bull. Soc. zool. Fr.*, XLVII, p. 87, 1917).
Voir aussi : Hovelacque *Bull. biol. Fr.-Belg.*, 1920, p. 1-15.
2. *Amer. Journ. anat.*, XLV, p. 345, 1930.
3. Abel (O.) : Palaeobiologie und Stammesgeschichte, 1929.
4. Guyénot : La variation, p. 148.
5. Labbé (A.) : Mutations et novations (*Rev. gén. Sc.*, 31 janvier 1931).

longation de l'ontogénèse, dans ce que j'ai appelé les *novations*, modifications de l'hérédité spécifique, que réside le problème que nous devons chercher.

Or, quels sont les caractères de ces novations?

Les novations nous montrent que, sous l'influence d'une modification du *p*H extérieur, l'ontogénèse peut s'arrêter en deçà ou se continuer au delà de ses limites normales. Prenons d'abord l'allélogénèse néoténique. Un individu néoténique est une ontogénèse arrêtée, c'est une réaction qui ne va pas jusqu'au bout. Ainsi dans la transformation de *Dunaliella viridis* en *D. kermesina*, le pigment rouge passe par un stade jaune. Or, j'ai trouvé une race de *Dunaliella* jaunes qui n'aboutissent pas à la forme rouge. Trouvés en 1925, il n'ont pas changé depuis 7 ans. Il faut bien admettre que le pigment rouge, la dunaline, est restée, dans ce cas, en deçà de sa formule finale habituelle : c'est une néoténie chimique[1]. Si nous étendons cette notion, nous pouvons dire que le pigment rouge est une potentialité des *Dunaliella*, latente chez *D. viridis*, devenue actuelle chez *D. kermesina*, c'est-à-dire, comme je l'ai définie, une quantité finie et déterminée des substances nécessaires aux processus de croissance et donnant une certaine quantité d'énergie active; chez les *Dunaliella* jaunes, le quantum d'énergie de croissance est resté inférieur à la normale : mais il est intéressant de constater que ce quantum est héréditaire. Le sera-t-il toujours? Je l'ignore. Les individus néoténiques tant chez les Batraciens que chez les Crustacés, ont tous les caractères irréversibles d'espèces stables, mais ils peuvent après nombre de générations, et sous l'influence de causes encore mal connues, peut-être de substances endocrines, être réversibles à l'espèce souche. Dans le travail cité plus haut, j'ai admis que la néoténie est « une *erreur* » et ne peut guère être considérée comme un fait d'évolution. En tous cas, la néoténie est ordinairement, sinon toujours une irréversibilité transitoire, ce qui ne veut pas dire que la néoténie ne puisse être héréditaire.

Voyons maintenant les cas où l'ontogénèse se prolonge, c'est-à-dire les novations. Ici les caractères des individus nouveaux peuvent se diviser en trois catégories.

a) D'abord des caractères *stables*, c'est-à-dire de l'invariant. Il y a beaucoup d'invariant... C'est pour cela que les nouvelles espèces gardent « un air de famille » avec celles dont elles sont issues.

b) Puis des caractères que j'ai appelés *oscillants*, mais qu'on peut tout aussi bien appeler réverses. Ainsi dans le transformisme *Canthocamptus* ⟶ *Cyclops*, *Ferroniera mirabilis* a la forme *Canthocamptus*, le stade suivant *F. cyclopoïdes* a la forme *Cyclops;* par contre *Regis servus* qui lui succède revient à la forme *Canthocamptus*, tandis que le stade ultérieur, *Herouardia*, reste *Cyclops*. Est-ce là de la réversion? Plutôt de l'oscillation, mais cela explique parfaitement que les mutations isolées puissent être souvent réverses. Dans cette même lignée sont aussi oscillants les caractères des pièces buccales des péréiopodes I-IV, des organes sensoriels, etc. Il est évident que pour juger de la réversibilité, il faut au moins trois stades dont le troisième retourne au premier. Ce sont en somme des caractères qui ne sont pas encore définitivement fixés par l'hérédité; mais ce pourrait être aussi des caractères anciens réapparus après une disparition plus ou moins longue. La théorie mutationiste, ne connaissant que des mutations isolées, ne peut donc parler de réversibilité.

c) Enfin, il y a des caractères *nouveaux*. De ceux-ci nous ne pouvons plaider l'irréversibilité que si nous avons des relais phylétiques nombreux. Mais les observations paléontologiques et notre lignée *Canthocamptus* ⟶ *Cyclops*, sans concorder absolument, permettent cependant de revenir à la vieille théorie de l'orthogénèse, un peu modifiée, où les oscillations plus ou moins réverses, aboutissent tout de même à l'irréversibilité dans le temps.

On ne peut plus admettre une orthogénèse à la façon de Eimer, finaliste et lamarckienne, subordonnée aux variations du milieu extérieur. Une lignée orthogénétique ne peut pas être plus utile à l'individu que les autres processus vitaux; l'exagération même du développement de certains organes évolués dans une direction constante devient une infirmité. D'autre part, nous voyons bien le déclanchement d'une première novation sous l'action du *p*H, mais les novations qui lui succèdent ne dépendent plus du milieu, elles se succèdent pour ainsi dire automatiquement, comme si les relais ou les étapes phylétiques étaient de simples phases d'ontogénèse, dans l'intervalle de deux mues successives.

Les orthogénèses sont évidemment des évolutions dirigées par les potentialités de l'œuf, mais combien y a-t-il d'orthogénèses de Museum, de classements en séries artificielles!

Direction d'évolution, soit : mais ce n'est pas toujours une rectigradation, ce peut être aussi une sériation en zigzag, comme l'avait très bien dit Racovitza[1], et aussi sériation en réseau, où cha-

1. Labbé (A.) : Contribution à l'étude de l'allélogénèse; 3e mémoire : L'histoire naturelle des Copépodes des marais salants du Croisic. Essai de phylogénie expérimentale (*Arch. Zool. exp. gén.*, LXVI, p 267, 1927).

1. « La transformation des organes (et des appendices) s'opère orthogénétiquement. L'orthogénèse peut être strictement linéaire ou légèrement zigzagante, c'est-à-dire résultant d'une

que étape de la lignée peut devenir le centre d'une irradiation polyphylétique, comme le conçoit Rabaud[1]. Les relais phylétiques disparaissent les uns après les autres, les formes de passage s'évanouissent, les points nodaux d'où partaient les lignées nous restent inconnus et de tout cela ne persiste définitivement (ou presque) que ce qui a réussi; et ce qui a réussi, n'est pas toujours très bien sérié.

Ces orthogénèses, la génétique peut difficilement les expliquer, car ce sont des faits d'hérédité spécifique; mais elles s'expliquent très bien sur le terrain de l'ontogénèse. Tout se passe comme si la loi de R. Goldschmidt « des vitesses de réaction discordante portait sur un ou plusieurs organes toujours les mêmes dans une même lignée, le reste de l'organisme restant invarié. Ce mélange, dans les novations, d'invariant, de caractères nouveaux et de caractères oscillants, est particulièrement intéressant; il ne nous montre nullement la prédominance d'une des catégories sur les autres, mais nous montre que ces catégories coexistent.

Ainsi Regan a constaté que certains Poissons américains avaient des ancêtres pourvus d'écailles cycloïdes comme celles des Téléostéens, tandis que leurs descendants sont nus, ou pourvus de plaques osseuses et que leurs représentants actuels de l'Amérique du Sud ont des écailles placoïdes du type sélacien ou sont dépourvus d'écailles[2].

D'autres exemples pourraient être cités qui mélangent apparemment réversion et irréversibilité. Cela doit nous mettre en garde contre la tendance naturelle de notre esprit à vouloir tout simplifier en synthétisant. Les procédés qu'emploie la nature sont probablement plus simples que nous ne le croyons, mais « il y a un écart considérable, dit J. Chevalier, entre la logique de la nature et celle de notre esprit. L'une et l'autre visent au simple. Mais la simplicité qu'atteint la nature est tout autre que la simplicité conçue par notre entendement, la première semble extrêmement complexe à notre logique, parce que notre logique, comme notre industrie, procède par des voies analytiques et qu'elle va, ou s'efforce d'aller, des éléments au tout, tandis que la nature, tout au moins la nature vivante, agit par des créations et des développements synthétiques, faisant sortir du tout, préformé dans le germe, les éléments qui le constituent »[3]. Cela est très vrai.

variation en sens divers (peu nombreux et voisins), mais à direction unique prédominante. » Rabovitza : Notes sur les Isopodes (*Arch. Zool. exp. gén.*, N. et R., 1928, p. 8).

1. Rabaud (E.) : Adaptation et évolution, p. 268.

2. Regan (T. C.) : Reversible evolution, with Examples from Fishes (*Proc. Zool. Soc. London*, I, 1924). Il s'agit des Siluridés et de leurs ancêtres, les Loricariidés.

3. L'Habitude, p. 69.

Ainsi, la variation orthogénétique d'un caractère n'implique pas forcément une variation générale, comme le croient Delage, Le Dantec, Rabaud, etc. Chaque caractère a une certaine indépendance, parfois même un certain antagonisme vis-à-vis des autres caractères et les cultures de tissus ont montré, non seulement que la croissance du tissu conjonctif est antagoniste de la croissance du tissu épithélial, mais que la croissance d'un organe peut s'effectuer en dehors de l'organisme de la même façon que dans l'organisme lui-même, que les influences nerveuses et humorales n'ont pas la prédominance qu'on leur attribuait autrefois; n'a-t-on pas récemment trouvé qu'une ébauche de fémur de poulet peut se développer à l'étuve en cartilage et en os normal? Des organes plus ou moins réverses coexistent avec des organes plus ou moins irréversibles. Et il faut compter avec le temps, car ce qui est réverse aujourd'hui, ne le sera peut-être plus demain.

J'ai déjà fait cette remarque[1] que cette cinétique, ce « mouvement des caractères » comme dit Osborn, est bien plus intéressant qu'un transformisme d'espèces car il nous présente le transformisme sous un aspect relativiste qui est loin d'être l'opinion courante; le transformisme n'est plus la transmutation alchimiste que l'on concevait autrefois; le transformisme *se fait*, comme l'hérédité, comme le plasma germinal; tout est en devenir. Il y a des caractères réverses, cela ne prouve nullement qu'il y ait des espèces réverses : or, un caractère réverse peut s'expliquer par la mutation d'un gène, mais un développement réverse demanderait un nombre invraisemblable de gènes. D'autre part, une espèce naissante n'est pas une nouvelle espèce fixe et définitivement stable à partir du jour où elle est apparue. Ainsi *Paracartia Grani* Sars, allomorphe d'*Acartia Clausii* Giesbr., n'est pas encore, au Croisic, une espèce stabilisée tandis qu'elle l'est probablement à Bergen[2]. Ce n'est que l'image passagère d'une espèce nouvelle, une collection d'individus transitoires, dont les caractères spécifiques oscillent encore, et qui disparaîtra, si elle ne réussit pas à persister dans les marais salants où elle est née, si elle ne s'adapte pas : voilà où l'adaptation se relie à la genèse des espèces. Il ne suffit pas qu'une espèce nouvelle naisse, il faut qu'elle puisse vivre, et comme l'a dit Rabaud, l'adaptation n'est que la possibilité de vivre ».

1. Contribution à l'étude de l'allélogénèse. 4e mémoire : L'Histoire naturelle de *Paracartia Grani* Sars (*Bull. Biol. Fr.-Belg.*, LXIII, 1929, p. 613).

2. Labbé (A.) : Contributions à l'étude de l'allélogénèse. 4e mémoire : L'Histoire naturelle de *Paracartia Grani* (*Bull. Biol. Fr.-Belg.*, LXIII, 1929).

Ces diverses considérations nous montrent la signification de la réversion et de l'irréversibilité. Si la phylogénèse dérive de l'ontogénèse, celle-ci a son origine primordiale dans la division cellulaire : or, la caryocinèse nous présente des cycles réversibles aboutissant à l'irréversibilité finale. L'évolution est faite de cycles réversibles qui tendent à l'irréversibilité.

En concluant, donc, à l'irréversibilité générale de l'évolution, nous n'affirmerons pas ce qu'il y aurait de trop absolu dans la loi. Les diverses preuves paléontologiques et anatomiques invoquées, comme le cas des Equidés; celui des Pagures, qui retournant à la vie libre ne récupèrent pas les pléopodes perdus (Milne-Edwards et Bouvier); celui des Mammifères aquatiques, qui ne récupèrent pas la respiration branchiale; celui des Pulmonés aquatiques, qui ne reforment pas des branchies dans leur cavité pulmonaire, etc., tous ces arguments sont évidemment suggestifs et prédominent les quelques exceptions qui pourraient être invoquées; la loi n'est pas seulement vraie pour les paléontologistes : les types atrophiés et disparus ne réapparaissent plus.

Ainsi, la loi de Dollo représente une loi de très grande probabilité; c'est bien une loi d'irréversibilité, mais faite de phénomènes plus ou moins réversibles. Comme le principe de Carnot, ce n'est qu'une loi statistique.

Peut-on dégager de cette conclusion une leçon philosophique? Peut-être, mais je me garderai bien de le faire aujourd'hui.

***

Si la réversibilité, en Biologie, nous apparaît comme un « *irrationnel* », à la manière de E. Meyerson, c'est que dans tout cycle réversible, il y a une part d'irréversibilité. Il y a toujours quelque chose qui n'est pas compensé, et qui s'accroît continuellement. Je puis faire longtemps les cent pas dans ma chambre, cycle réversible; mais j'use les semelles de mes chaussures, phénomène irréversible; un tramway fait un voyage réversible, mais les voyageurs qu'il transporte descendent aux arrêts et font un trajet irréversible.

Cela ramène-t-il le problème au principe de Carnot-Clausius et à la notion mathématique d'entropie? Je ne veux point ici le discuter. Dans un de ses livres[1], Le Dantec a écrit un chapitre sur la confusion *redoutable* entre les définitions mathématiques et les définitions humaines. Il faut se défier de « ce qui fait image ». L'entropie, ce n'est qu'une différentielle $\frac{dQ}{dT}$ qui croît à mesure que décroît la quantité de chaleur utilisable, suivant le deuxième principe de la thermodynamique. C'est, comme l'a dit Clausius, une *valeur de transformation*. Dans les phénomènes biologiques, nous trouvons également une valeur de transformation, irréversible et qui s'accroît. Mais ces valeurs sont-elles les mêmes? Est-ce un mécanisme commun à des phénomènes disparates? Le Dantec suppose que l'entropie, ramenée à une notion concrète, s'exprimerait par l'encombrement de l'énergie thermique par la matière[1]. Si le nombre des molécules agitées augmente, on pourrait trouver l'expression concrète de l'entropie dans la croissance. Mais si cette notion abstraite de l'entropie est difficile à exprimer, nous entrevoyons cependant un déterminisme général des phénomènes biologiques, qui s'effectue dans le temps, comme « ce concept si prodigieusement abstrait de l'entropie, qui est aussi universel que celui de l'énergie et semble, comme lui, recouvrir une réalité »[2].

L'individu est « une histoire ». La filiation des espèces est une autre histoire, — qui est peut-être la même : histoires sans début dont nous suivons le développement pendant une fraction du temps, sans constater de retour en arrière. La loi de Dollo, qui comporte l'irréversibilité de l'évolution, mais aussi sa limitation certaine, et sa discontinuité probable, est exacte.

Ainsi, l'enfant devient homme, mais ne redevient jamais — ou presque — un enfant. Ainsi l'homme a peu de chance de retourner à la souche quadrumane dont il est issu. Jean sans terre, malgré maints retours et maints zigzags, ne passera plus par là.

Dans toute transformation morphologique (et la forme est en accord avec la substance), il y a quelque chose qui tend à une stabilité plus grande, c'est-à-dire qui tend à une valeur maxima, comme l'entropie et qui s'accroît dans le même sens, comme elle. Peut-être l'évolution subit-elle un retard à l'époque actuelle; peut-être est-elle moins créatrice, puisque la stabilité nous paraît plus grande. Peut-être nous semble-t-elle *fin de série*.

Mais nous ne pouvons guère en juger.

Du reste, dans tout changement, il y a une part énorme d'invariant. Seulement, dans cet invariant, il n'y a pas seulement de l'énergie actuelle, mais de l'énergie potentielle, c'est-à-dire de l'évolutif en puissance. Le stable n'existe pas, il n'y a que du plus ou moins stable, c'est-à-dire du changement possible. Ce qui représente le *frein*, le *tampon* de tout changement, ce n'est pas l'hérédité, mais l'autorégulation, définie par le principe de Le

1. Le Dantec (F.) : La stabilité de la vie (Alcan, 1910, p. 33).

1. Le Dantec (F.) : Une interprétation concrète de l'entropie (*Rev. scientif.*, 6 février 1910).

2. Poincaré (H.) : La science et l'hypothèse, p. 208.

Châtelier. Une catalyse provoquée par un changement dans l'environnement est toujours possible. « Le milieu, disait Zarathoustra, c'est la possibilité du nouveau, c'est l'être délivré de ses chaînes et allant vers le devenir... Le milieu, c'est chaque fois que naît la volonté de l'avenir; alors, le grand événement est à prévoir ». (Nietzsche.) Chaque organisme a un déterminisme; le milieu représente le hasard — le hasard du changement — et l'hérédité fixe aussi bien ce qui change que ce qui ne change pas. La « quantité de changement » et la « quantité de vieillissement » forment des cycles dégradateurs et irréversibles.

Cette irréversibilité n'est pas un leurre, car il paraît hautement improbable qu'il n'en soit pas toujours ainsi. Il est hautement improbable que dans quelques milliards de siècles, l'adulte retourne à l'œuf, et que l'homme de ce temps, s'il existe encore, assiste à la résurrection des Trilobites et des Ammonites. C'est en vain que le serpent Ourobore cherche à se mordre la queue.

Docteur Alphonse Labbé,
Professeur à l'Ecole de Médecine de Nantes.

LE PROBLÈME DU CHAUFFAGE DES IMMEUBLES[1]

Le problème du chauffage central dans les immeubles recoupe par certains aspects des questions dont le caractère scientifique ou économique peut paraître assez distant de l'intérêt immédiat de la propriété bâtie.

A bien regarder, cet intérêt particulier est cependant en accord étroit avec l'intérêt général, dont il est facile de dégager les données à la faveur d'un examen de ces questions.

Quelques brefs développements suffiront à le montrer.

Le point de vue de l'économie nationale.

Il se trouve que je poursuis, depuis quelques années, l'étude de la carbonisation dans ses rapports avec l'économie nationale. La question est celle de la valorisation des combustibles. Il faut tirer du charbon tout ce qu'on peut en tirer. Il est évident que le brûler purement et simplement est un gaspillage, puisque l'on détruit ainsi tous les hydrocarbures qu'on en pourrait extraire par distillation, lesquels hydrocarbures ont une grosse valeur, réclamés qu'ils sont par l'industrie chimique, spécialement l'industrie des colorants qui, éventuellement se transformerait en industrie des explosifs, réclamés par les usages voyers, réclamés par la carburation (benzol)

Cette simple énumération suffirait à montrer l'importance nationale de la question, mais l'économie de charbon procurée par la carbonisation n'est pas moins à signaler.

Si on essaye de chiffrer cette économie, comme je l'ai fait, à l'occasion de diverses conférences où j'ai traité la question, on voit que cette économie est très sensible.

Examinant spécialement la question d'économie de calories, j'ai pu au dernier *Congrès de Chimie industrielle*[1] établir une comparaison entre les potentiels calorifiques à la sortie des usines, électriques d'un côté, à gaz de l'autre, et préciser ainsi que le rapport d'extraction calorifique $\frac{\text{gaz}}{\text{électr.}}$ est de $\frac{58}{20}$ soit sensiblement $\frac{3}{2}$. Dans ces conditions, prenant les statistiques de 1929, année pendant laquelle l'industrie française du gaz a distillé 4.800.000 t. de charbon et produit 2.300.000 t. de coke, on calcule que l'économie procurée par la carbonisation ressort à 3.200.000 t. Le chiffre mérite considération.

Je concluais alors : « Partout où l'on consomme de la chaleur, la carbonisation doit se développer, c'est la vérité économique. »

Or, les propriétaires sont devenus et seront de plus en plus, à mesure que le chauffage central se développera, des consommateurs de chaleur. C'est pourquoi j'ai crû intéressant d'appeler ici l'attention sur ces problèmes et d'esquisser les solutions auxquelles on peut se référer.

Le point de vue de l'intérêt national qui domine la question pourrait suffire à gagner au principe de la carbonisation les sympathies des propriétaires et j'ai la conviction qu'ils souscriraient d'eux-mêmes cette contribution volontaire à la prospérité générale. Cette contribution ne serait ni la plus lourde, ni la plus vexatoire de celles qui leur sont imposées.

1. Communication présentée au *Congrès de l'Habitation*. Paris, 1931.

1. G. KIMPFLIN : Carbonisation et économie de calories. *Xe Congrès de Chimie industrielle*. Liége, 1930.

Mais je crois pouvoir montrer que l'intérêt personnel s'accorde, dans la circonstance, avec l'intérêt général.

Le point de vue de l'hygiène.

Voici maintenant une question de salubrité générale que les propriétaires ont plus que quiconque intérêt à voir résoudre dans le sens réclamé par l'hygiène. Il s'agit des fumées.

C'est une question à laquelle le législateur français n'a pas encore donné de solution générale. Mais cette solution interviendra tôt ou tard, c'est certain. Déjà, il y a quelques années, nous avons eu une proposition de loi qui fut votée par la Chambre et qui est accrochée depuis devant le Sénat[1]. Deux des auteurs de cette proposition s'ils ne pouvaient compter parmi les grands amis des propriétaires sont à tout le moins pour eux de vieilles connaissances. Les promoteurs de cette loi étaient : MM. AUBRIOT, LEVASSEUR et LEBOUCQ.

Vous me direz que ce ne sont plus que des parlementaires en retraite, mais cela ne nous dispense pas de réfléchir et de regarder ce qui s'est fait au dehors ... et chez nous.

En Angleterre, voici le bill « Public Health Smoke Abatement » en vigueur depuis plusieurs années, qui dispose que « dorénavant les autorités urbaines auront le droit de réglementer, dans les nouvelles bâtisses n'ayant pas le caractère de home familial, l'organisation du chauffage de façon à prévenir ou à réduire l'émission de la fumée.

Vous me direz, cela ne concerne pas les habitations particulières. Je vous réponds : méfiez-vous qu'elles sont directement visées, car on a pu dire (et avec grande apparence de raison) qu'à Londres, les brouillards résultent pour 50 % des fumées émises par les foyers domestiques.

Fumées et propriété bâtie.

Mais vous me direz encore : tout cela, c'est en Angleterre. Je vous réponds : en France, à Paris, nous avons l'ordonnance du Préfet de Police du 1er août 1928 qui étend explicitement l'interdiction des fumées aux immeubles pourvus du chauffage central.

Et comment ne pas songer à cette détérioration des façades des immeubles, de nos plus beaux édifices architecturaux, ces joyaux de l'art que sont nos cathédrales, rongés par cette lèpre noire, ce « calcin » acide dont l'action sur la pierre a été mise en lumière par une série de communications à l'Académie des Sciences de MM. KLING et FLORENTIN et encore par M. FLORENTIN dans un rapport adressé à *l'Union technique du Bâtiment et des Travaux publics.*

Et qui donc supporte les frais de ces ravages ?

Ces pierres calcaires détériorées, ces immeubles salis, noircis, qui donc devra les remettre en état ? Les propriétaires. N'est-ce pas une bien lourde charge pour eux de nos jours que cette obligation du ravalement ? Et plutôt que de ravaler à grands frais le « calcin », ne vaudrait-il pas mieux essayer de ne pas le produire.

Pour la propriété bâtie, le problème de la fumivorité se ramène à un emploi de combustibles sans fumée dans les installations de chauffage central. Or, la nature du combustible, dont on fera choix, devra être arrêtée dès le moment de cette installation, car celle-ci sera appropriée à la nature du combustible et cette appropriation pourra aller, dans certains cas, jusqu'à définir la nature des matériaux à employer pour la construction des cheminées.

Le choix doit donc être fait dès l'origine de la construction.

Combustibles sans fumée.

Trois combustibles peuvent concourir au chauffage sans fumée ; le coke, le gaze et le mazout. Encore ce dernier n'est-il sans fumée que si la combustion est parfaitement réglée ; dans le cas contraire, on a une fumée qui peut être très épaisse.

Quels sont les avantages et les inconvénients de chacun de ces combustibles ?

***

Les avantages du mazout sont à considérer. Je les énonce :

— Réduction du temps d'allumage des chaudières et de la mise en régime du chauffage.

— Réduction du personnel de chauffe.

— Pas de manutention de cendres ou de scories.

— Réduction d'encombrement du stockage en combustibles.

Les inconvénients : le prix de détail peut paraître élevé. Mais je réserve cette question qui fera tout à l'heure l'objet d'un examen comparatif. Il y a au chapitre des inconvénients le fait que l'allumage et la combustion demandent à être menés avec soin. A l'allumage, d'abondantes fumées sont inévitables. Pendant le fonctionnement, si l'arrivée d'air est trop abondante, la cheminée fume, si l'arrivée d'air est insuffisante, on a une fumée épaisse avec dépôt de charbon. Enfin, chose à considérer, le bruit, à raison de l'em-

1. KIMPFLIN (G.) : Le problème des fumées devant le Parlement. *Chaleur et Industrie*, février 1928.

ploi inévitable d'un moteur pour actionner la pompe intermédiaire entre les deux réservoirs et une deuxième pompe destinée à envoyer le mazout du second réservoir au brûleur avec une pression suffisante et enfin pour actionner le ventilateur qui envoie au mélangeur d'air de la combustion.

Autre cause de bruit, le brûleur lui-même, d'autant plus bruyant que l'atomisation se fait avec plus de violence et proportionnellement à la pression de l'air.

Il y a aussi l'odeur, qui est bien désagréable. Et encore le fait que si, au lieu d'un simple déréglage on a un vice ou un arrêt de fonctionnement du compresseur c'est l'incendie dans la chaufferie avec la difficulté de le combattre, comme on en a fait l'expérience, il n'y a pas longtemps, dans un théâtre de Paris.

Enfin, l'installation entraîne une dépense supplémentaire appréciable et, il faut bien dire que, jusqu'à une surface de chauffe de 8 m², on ne peut employer que le gas oil, qui est le produit le plus cher, comme nous le verrons tout à l'heure.

*
**

Procédons pareillement pour le gaz. Ses avantages, les voici énumérés:

— Grande simplicité du service.

— Suppression de toute manutention.

— Propreté absolue.

— Pas de bois d'allumage.

— Pas d'approvisionnement.

— Réglage simple et efficace de la température.

— Arrêt de la chaudière immédiat.

— Paiement après la consommation d'après l'indication du compteur.

De tout ceci résulte que le gaz apparaît comme la solution pratique du chauffage par appartement; mais, alors, il ne faut pas perdre de vue la nécessité d'évacuer par des conduits spéciaux, les produits de la combustion et ceci peut figurer à la rubrique des inconvénients.

Dans les conduits de fumée ordinaire, les matériaux ont à résister à la chaleur et au feu. Avec le gaz, ils doivent résister à l'action destructive des eaux de condensation, qui sont abondantes, ils doivent être également aussi mauvais conducteurs que possible car les produits de la combustion sont évacués à une température juste suffisante pour le tirage.

D'études très sérieuses qui ont été faites sur ce sujet, il résulte que le fibro-ciment, le grès vernissé et tous produits analogues, ou encore l'aluminium conviennent parfaitement.



Le coke maintenant. J'entends la question; le coke convient-il au chauffage central? Je réponds : assurément, mais il faut savoir s'en servir.

Pour qu'un foyer chauffé au coke donne des résultats satisfaisants, il faut éviter de provoquer dans la masse en ignition la formation des mâchefers abondants, éviter donc d'atteindre la température de fusion des cendres, donc ne pas dépasser une certaine allure de combustion.

Il faut, suivant M. Prudhon, spécialiste faisant autorité en la matière, que la consommation par heure et par mètre carré de grille ne dépasse pas 30 à 35 kilos, ou alors il faut exercer une surveillance et procéder, en temps voulu, à l'enlèvement des mâchefers.

Au cinquantième Congrès des architectes français, une opinion absolument concordante fut émise par M. Debesson, président de l'Association des Ingénieurs de chauffage et de ventilation de France.

En fait, en Allemagne et en Suisse où le chauffage central est très répandu et depuis longtemps, le coke est le seul combustible solide employé.

Sans doute, et cela va s'inscrire au chapitre des inconvénients, il faut considérer les frais supplémentaires de premier équipement qui, pour une installation de 40 radiateurs ressortira par exemple à 2.000 francs supplémentaires. Mais cette dépense est récupérée, et au delà dès la première année; par l'économie résultant de la différence entre les prix de l'anthracite et du coke. Dans l'exemple choisi, on peut dire qu'il faudra exactement par an 25 à 26 tonnes de coke à 270 fr., au lieu de 19 à 20 tonnes d'anthracite à 550 fr., l'économie annuelle serait donc de 3.750 francs.

Autre inconvénient, la main-d'œuvre supplémentaire nécessaire. Les frais de chauffeur et l'enlèvement des mâchefers encombrants entraînent une dépense supplémentaire d'un millier de francs environ. Mais actuellement, avec le chômage, cette question de main-d'œuvre qui était à considérer il y a un an ou deux est d'une solution beaucoup moins difficile.

Prix des 1.000 calories.

Arrivons à la comparaison des prix. Le tableau que voici la résume.

On y voit le prix des 1.000 calories calculé par la formule :

$$\frac{\text{Prix au kg} \times 1.000}{\text{Pouvoir calorifique} \times \text{rendement}}.$$

Le rendement figurant dans la formule est le rendement de la chaudière, lequel se définit

comme le rapport de la quantité de chaleur sortant de la chaudière sous forme utilisable à la quantité de chaleur fournie. L'introduction de ce facteur dans l'expression du prix des 1.000 calories est indispensable, car le rendement intrinsèque de l'appareil de chauffage n'est pas le même pour les chaudières suivant la nature du combustible.

Les prix à la tonne ou au mètre cube sont les prix de juin 1931. Celui de l'anthracite est en particulier celui auquel l'anthracite anglais, noix (25, 50) était offert aux adhérents de la Chambre Syndicale des propriétés immobilières en juin 1931. Celui du gaz correspond au tarif spécial de la Société du gaz de Paris pour le chauffage central.

Combustibles	Anthracite	Coke	Gaz	Gas Oil	Fuel Oil
Prix	530 fr. la ton.	270 fr. la ton.	0,75 le m³	670 fr. la ton.	530 fr. la ton.
Pouvoir calorifique	8.200 calor.	6.700 calor.	4.500 calor.	10.000 calor.	10.400 calor.
Prix des 1.000 calories théoriques	0,097 rend[t] 65 %[1]	0,061 rend[t] 65 %[1]	0,208 rend[t] 80 %[1]	0,084 rend[t] 80 %[1]	0,073 rend[t] 80 %[1]
Prix des 1.000 calories utilisées[2].	0,310 rend[t] pratiq. 20 % exact[t] 19,6 %[3]	0,134 rend[t] pratiq. 30 %[4]	0,412 rend[t] pratiq. 40 % exact[t] 42,3 %[3]	0,184 rend[t] pratiq. 35 %[5]	0,162 rend[t] pratiq. 35 %[5]

1. Les chiffres 65 %, 80 % résultent de mesures de laboratoires. Ils correspondent à la production de vapeur à basse pression ou d'eau chaude dans de grandes installations.

2. La chaudière étant dans la pratique branchée sur une installation dont les possibilités d'utilisation dépendent de la nature du combustible employé, il y a lieu d'affecter le prix des mille calories théoriques d'un coefficient d'utilisation. De là la notion de rendement pratique d'utilisation de l'installation qui figure dans cette colonne horizontale.

Ce rendement pratique est déterminé en tenant compte des facteurs principaux suivants :

a) rapidité de mise en marche et faculté de mise en veilleuse ;

b) possibilité d'arrêt complet pendant la nuit ;

c) souplesse pour la variation des allures.

3. Voir pour le calcul de ces chiffres : G. Prudhon, *Principes à observer pour le chauffage central au gaz*, p. 28 et 29. Mémoire publié par l'Office technique de chauffage.

4. Ce chiffre se justifie par le fait que, même aux allures réduites, le coke possède un pouvoir rayonnant plus élevé que celui de l'anthracite. Or, la transmission de la chaleur par rayonnement est proportionnelle à la 5[e] puissance de la température absolue (T + 273) du combustible. Ce pouvoir rayonnant plus élevé rend le coke plus apte que l'anthracite à la conservation du rendement. (Voir Prudhon, *Emploi du coke de gaz dans le chauffage central*, page 9, Mémoire publié par l'Office technique de chauffage.)

5. Le rendement pratique d'utilisation des deux qualités d'huiles est moins élevé que celui du gaz par le fait que les brûleurs à mazout n'ont pas la souplesse de variation d'allure des brûleurs à gaz et qu'ils exigent une dépense de force motrice dont il importe de tenir compte.

En manière de conclusion, je dirai que ces chiffres parlent d'eux-mêmes et n'appellent aucun commentaire. Ils montrent que le coke, qui est parfaitement fumivore, est le plus économique des combustibles.

Telles sont les considérations de nature à emporter la conviction que l'intérêt particulier s'accorde avec l'intérêt général lorsque l'on a à résoudre un problème de chauffage d'immeuble.

Georges Kimpflin.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques.

Sommerfeld (Arnold). — **Atombau und Spektrallinien.** 5e édition, tome Ier. — 1 *vol. in-8° de 734 pages, édité chez Vieweg und Sohn, Braunschweig*, 1931. (*Prix : broché*, 29 *marks ; relié*, 31,60.)

Le célèbre ouvrage de Sommerfeld sur « la Structure de l'atome et les raies spectrales » en arrive aujourd'hui à la *cinquième* édition. Ce succès, presque sans précédent dans les annales de la librairie scientifique moderne, est facile à comprendre pour tous ceux qui ont eu l'occasion de lire et de méditer les éditions antérieures. La première, datée de 1919, a été un véritable événement scientifique : pour la première fois se trouvaient rassemblés et présentés de main de maître les progrès les plus récents de la physique atomique. Mais en pareille matière l'évolution des idées est toujours rapide et les progrès expérimentaux ont marché, eux aussi, à un rythme accéléré. Les éditions successives de l'ouvrage, quoique toutes fortement remaniées, restaient bien vite en retard. L'édition actuelle fait un nouvel effort pour se « mettre à la page ».

Le gros événement scientifique de ces dernières années, l'apparition de la mécanique ondulatoire, avait déjà obligé l'auteur à ajouter à la quatrième édition un petit volume complémentaire pour exposer la nouvelle doctrine. L'édition actuelle sera divisée en deux volumes, d'importance comparable, dont le premier paraît aujourd'hui, le second étant réservé à la mécanique ondulatoire. Dans ce volume, consacré au point de vue quantique « ancien », les remaniements ont été très notables. Les premiers chapitres ont été allégés de certains exposés un peu vieillis; par contre, les derniers ont été fortement développés et enrichis. C'est surtout le spectroscope atomique et moléculaire qui a profité d'une mise au point nouvelle. Et, si l'étude des spectres de bandes reste encore nécessairement un peu sommaire, celle des spectres de raies a pris une ampleur à peu près suffisante. Les questions de couplage, d'intensité, de structure des spectres complexes, de structure hyperfine sont traitées tour à tour. Pour les spectres de bandes, quelques pages ont été ajoutées sur les multiplicités dans les bandes et les modèles vectoriels modernes qui dérivent des travaux de Hund.

Il est très vraisemblable que cette nouvelle édition rencontrera auprès du public scientifique l'accueil éminemment favorable qui ne lui a jamais fait défaut jusqu'ici.

E. B.

*
**

Fabry (Ch.). — **Cours de physique de l'Ecole Polytechnique,** *tome* I. — 1 *vol. in-4° carré* (28 × 23) *de* VI-664 *pages, Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1931 (*Prix* : 150 *francs.*)

L'enseignement de la Physique occupe, avec raison, une place considérable à l'Ecole polytechnique. Sur un total de 438 coefficients s'appliquant à l'ensemble des matières du programme, la Physique compte pour 83, venant immédiatement après la Mécanique, cotée 89, tandis que l'Analyse ne compte que pour 68 et la Géométrie pour 43.

Mais comment doit on comprendre cet enseignement en tenant compte à la fois des besoins réels des auditeurs et des bouleversements profonds qu'ont entraînés les théories modernes? En une courte et substantielle préface, l'éminent et sympathique professeur de la Faculté des Sciences et à l'Ecole polytechnique nous fait connaître ses idées à ce sujet. L'Ecole est surtout destinée à former des ingénieurs, des techniciens civils et militaires. Que leur faut il? D'abord une connaissance des phénomènes dont ils auront à se servir et des lois qui les régissent. Ensuite, et surtout, l'habitude de raisonner non sur des abstractions, mais sur des réalités, de ne jamais perdre de vue ces réalités dans les calculs les plus compliqués, de pousser la solution jusqu'au bout, jusqu'au résultat numérique; il faut donc leur donner une notion de l'ordre de grandeur, des phénomènes et le respect du nombre, ainsi que le sens de l'approximation. « Il y a intérêt, lit-on dans une récente circulaire ministérielle, à donner aux officiers les connaissances scientifiques d'ordre général qui développeront leurs facultés de réflexion et d'observation et leur permettront de situer dans un ensemble les questions particulières qu'ils auront à traiter. »

Voilà les principes posés: « Toutes ces raisons conduisent à donner la place essentielle aux parties les plus solides de la Physique, à celles qui prennent contact avec les réalités ». Nous sommes prévenus, nous ne trouverons pas dans le cours de M. Fabry de longs développements sur les théories modernes, que les très rares polytechniciens qui se destinent à la science pure pourront étudier dans les mémoires originaux et les traités spéciaux. En suivant cette règle de conduite, M. Ch. Fabry se conforme à la tradition léguée par les savants qui ont enseigné la Physique à l'Ecole au cours du XIXe siècle et qui furent, presque tous, comme lui-même, des expérimentateurs de premier ordre. Mais doit-on encore, à notre lumineuse époque, s'en rapporter, même en cette matière, à ce stupide XIXe siècle, qui, d'après M. Buhl (notice sur Paul Appell)

« eut un culte véritablement excessif pour l'expérience ». Au risque de passer pour une vieille barbe, je persiste à croire qu'il n'y aura jamais d'inconvénient à voir les ingénieurs et techniciens professer un culte excessif pour l'expérience.

D'ailleurs, M. Ch. Fabry n'a jamais eu la pensée de nier l'intérêt philosophique et même pratique des disciplines nouvelles. Mais il estime que « le jour où l'on trouvera nécesssaire de les introduire dans l'enseignement de l'Ecole... il faudra confier cet enseignement à un mathématicien ». Et voilà un autre problème posé, problème qui est, je crois, tout à fait d'actualité, à l'Ecole polytechnique. Car il se pose pour plusieurs autres matières accessoires qui peuvent trouver place sans inconvénient dans plusieurs cours et que les professeurs de ces cours ont toujours bonne envie de se rejeter de l'un à l'autre.

Ainsi actuellement, c'est le professeur d'Analyse qui enseigne le calcul des Probabilités. Autrefois, c'était le professeur d'Astronomie. Les notions de calcul vectoriel sont également enseignées par le professeur d'Analyse. C'est au professeur de Géométrie et non à celui de Mécanique qu'il appartient d'exposer les principes du calcul mécanique (machines à calculer, etc...). On pourrait peut être charger un professeur de recueillir tous ces hors-d'œuvre si utiles, mais qui alourdissent les programmes, dans un cours spécial de première année, qui deviendrait sans doute bientôt l'un des plus appréciés.

Mais revenons à l'ouvrage analysé. Il comprend la Thermodynamique, l'Acoustique et la première partie du cours d'Electricité : l'étude du courant électrique, des champs magnétique et électrique, ainsi que la description des instruments et méthodes de mesures électriques.

L'auteur nous avertit que les huit premiers chapitres ainsi que le dixième de la première partie ne sont que la reproduction de ses *Eléments de Thermodynamique*, parus dans la Collection Armand Colin. M. Fabry y a ajouté un chapitre sur les méthodes et appareils pour l'étude des propriétés des fluides (chap. IX), des notions sur la viscosité des fluides avec la question si importante au point de vue industriel, de la mesure de la viscosité (chap. XI), un chapitre sur les moteurs thermiques et les machines frigorifiques (chap. XII), introduction aux cours de machines des Ecoles d'application. L'étude de l'élasticité des solides, un très beau chapitre sur la conduction calorifique, et un exposé très clair de la théorie cinétique des gaz terminent la première partie.

L'Acoustique exposée en un seul chapitre qui constitue la deuxième partie mériterait sans doute de plus longs développements. La faute en est au programme de l'Ecole qui a été exagérément réduit sur ce point, plus qu'au professeur. Peut-être le jour n'est-il pas éloigné où cette parente pauvre, si négligée dans les cours de Physique aura sa revanche. Qui sera le Fabry d'un Institut d'Acoustique et d'Electro-Acoustique, digne pendant de l'Institut d'Optique?

Les premiers chapitres de la troisième partie (Electricité) sont en partie empruntés aux *Eléments d'Electricité* de l'auteur, parus, comme les *Eléments de Thermodynamique*, dans la Collection Armand Colin. Les propriétés des champs magnétique et électrique sont exposées avec beaucoup de clarté; comme dans la première partie, une large place est faite à l'étude des instruments et méthodes de mesures.

Chaque chapitre de ce volume se termine par quelques exercices proposés, très bien choisis, applications directes des paragraphes précédents, avec des calculs numériques destinés à bien fixer dans l'esprit les ordres de grandeur, à se familiariser avec quelques constantes. Combien d'élèves se montrent embarrassés lorsqu'il s'agit d'appliquer à des exemples concrets les formules obtenues ou se trompent lourdement faute de savoir employer les différents systèmes d'unités! Etre en mesure d'observer, de mesurer et de calculer correctement, c'est là le minimum de ce qu'on est en droit d'exiger de tous les ingénieurs au début de leur carrière.

Une mention spéciale est due à la notice bibliographique qui termine l'ouvrage; elle rendra les plus grands services aux lecteurs désireux de pousser plus loin leurs études.

L'auteur ne se borne pas à citer les ouvrages et mémoires classiques; en deux ou trois lignes il donne l'indication rapide des sujets traités dans chacun d'eux, avec son appréciation motivée. Les recueils de constantes, les tables numériques, les périodiques de Physique ne sont pas oubliés dans cette bibliographie très bien faite, qui constitue une partie tout à fait originale du volume analysé.

Il est inutile d'ajouter à la louange de l'éditeur, que la présentation et la correction parfaites de ce Cours de Physique accroissent encore son charme particulier et en font un excellent outil mis à la disposition de la jeunesse studieuse par le savant éminent à qui l'Optique française doit la place de premier rang qu'elle occupe aujourd'hui.

P. J. R.

*
**

Gamow (G.). — **Der Bau des Atomkerns und die Radioaktivität**, Traduction allemande de Hontermans. — 1 *vol. in-8° de* 147 *pages, avec* 37 *tableaux et* 41 *figures. Hirzel, éditeur, Leipzig,* 1932.

Ce livre constitue le tome I de la Collection des nouveaux Problèmes de la Physique et de la Chimie, dirigée par E. Rabinowitch. Il a pour objet de présenter au lecteur une vue aussi complète que possible de l'état actuel de nos connaissances théoriques et expérimentales sur la physique du noyau. Le point de vue auquel s'est placé l'auteur est le point de vue purement théorique, et son livre ne contient aucun détail sur les dispositifs expérimentaux. Les travaux expérimentaux eux-mêmes ne sont cités que

dans la mesure où ils aboutissent à des données numériques.

Sous les réserves qui viennent d'être indiquées, le livre de M. Gamow peut légitimement bénéficier de toute l'autorité que lui vaut le nom de son auteur. On sait que M. Gamow est le premier physicien, avec Condon et Gurney, qui ait songé à faire une application systématique de la nouvelle Mécanique ondulatoire à l'étude des noyaux. Déjà les travaux classiques de Rutherford et l'existence même de la « constante de temps » radioactive montrent que les phénomènes intérieurs aux noyaux atomiques sont régis par des lois statistiques. M. Gamow a eu l'idée de préciser cet élément statistique en faisant appel aux conceptions originales de Schrödinger et de de Broglie. Une particule enfermée dans le noyau et liée par des forces attractives suffisamment intenses est hors d'état, d'après la Mécanique classique, de franchir la *barrière de potentiel* qui lui est opposée. Dans la Mécanique quantique, une possibilité subsiste pour une semblable évasion. Un rayon α ou un électron pourront sortir — très rarement, il est vrai —, de la prison où ils sont détenus et se manifester à nous par des effets de radioactivité. Telle est la théorie bien connue de Gamow, qui a reçu du calcul et de l'expérience de très intéressantes confirmations.

Dans un premier chapitre, relatif aux matériaux de construction de l'atome et aux énergies nucléaires, l'auteur étudie la classification des noyaux en familles de divers types, l'énergie de formation de ces mêmes noyaux (défauts de masse), la fréquence relative des éléments chimiques, le spin nucléaire et le moment magnétique du noyau.

Un chapitre très important est consacré aux lois de la décomposition spontanée des noyaux, qui englobent la radioactivité. Les propriétés essentielles du rayonnement α et du rayonnement β sont déduites des formules de la Mécanique ondulatoire. Diverses applications à des noyaux importants font saisir la valeur expérimentale de la théorie.

L'extension au noyau de la théorie des quanta permet d'y présumer l'existence d'états discrets, analogues à ceux qui existent dans l'atmosphère électronique de l'atome. De là la possibilité de transitions quantifiées, avec émission de rayons pénétrants du type des rayons γ. Les phénomènes de structure fine du rayonnement α, d'émission secondaire des électrons périphériques, de dispersion anormale, etc., se rattachent plus ou moins au même mécanisme.

L'excitation artificielle et la désintégration artificielle des noyaux forment l'objet du chapitre IV et dernier. Les anomalies dans la diffusion des rayons α ont suggéré une théorie générale des chocs nucléaires non élastiques. D'autre part, le choc des particules α peut induire dans le noyau de véritables états d'excitation. Lorsque la particule α reste captée par le noyau, il peut s'ensuivre une transformation atomique artificielle. Tous ces phénomènes rentrent bien dans le cadre de la théorie de Gamow, qui est aujourd'hui notre fil directeur le plus sûr dans le labyrinthe encore bien confus de la Physique nucléaire.

L. B.

2° Sciences diverses.

Umbdenstock (G.). — **Cours d'Architecture de l'Ecole Polytechnique.** — *2 vol. de 624 et 686 pages, abondamment illustrés. Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris,* 1930. (*Prix : relié, 450 francs.*)

Le terme « architecte » dérive de deux mots grecs ἀρχων : chef, τέκτων : ouvrier. L'architecte est donc l'ouvrier par excellence, c'est-à-dire le maître de l'ouvrage qu'il a conçu et exécuté. La conception et l'exécution d'une œuvre dont les deux termes qui définissent la science architecturale prise dans son sens le plus étendu.

Un cours d'architecture peut donc être ou une étude des méthodes, des moyens de construction, des matériaux, à mettre en œuvre, être en un mot essentiellement technique, ou bien être une étude sur l'art de concevoir, de composer, de distribuer, d'orner une construction. Dans une école comme l'école Polytechnique, dont les élèves passeront ultérieurement dans une école d'application, un cours d'architecture doit par suite nécessairement satisfaire à la seconde des conditions que nous venons de signaler. C'est ce qu'a parfaitement compris l'ardent professeur à l'Ecole Polytechnique, et l'artiste si savant, si sensible, auteur de tant de constructions harmonieuses qui a répandu sa verve en d'innombrables croquis que l'on trouvera ici et dont chacun est une leçon de rythme.

Cette initiative du maître a d'ailleurs été comprise par les nombreuses promotions qui ont bénéficié de ses leçons.

Si donc l'architecture est au total l'art de bâtir, elle n'est pas simplement l'art de construire au strict sens technique mais aussi l'art de composer au sens artistique, l'architectonique est l'art de composer.

Ce cours vise deux buts : d'abord exposer et prouver des lois de composition artistique communes à la peinture, à la sculpture, à l'architecture; appliquer ensuite ces lois à l'architectonique et en dégager une conception philosophique indiquant la voie d'une architecture nationale française.

Mais il convient au préalable d'analyser, de faire surgir les composantes multiples du sentiment d'émotion qui naît devant une œuvre d'art.

La valeur expressive et suggestive de cette œuvre se compose en effet de suggestions intimement mêlées mais dissociables, dont la résultante artistique, pour ne pas dire la somme algébrique, provoque l'effet ressenti. Chaque suggestion composante est exprimée par un élément de composition, et ces éléments composants se retrouvent en nombre assez restreint pour constituer un ensemble de faits simples et fréquents, dont les relations réciproques et les rapports avec nos divers sentiments permettent d'énoncer des lois de composition.

L'auteur commence donc par l'étude des caractères

expressifs de ces éléments composants, qui occupe tout le premier volume. Il classe ces éléments composants en six groupes :

1° La masse solide et la place relative à l'homme : l'échelle.

2° Les éléments géométriques et mécaniques composants (droites, angles, courbes, effets de direction et de mouvement, rythme).

3° Le schéma géométrique et mécanique (trame d'ossature).

4° Les dimensions et leurs rapports (proportions).

5° La matière, la coloration, l'éclairage.

6° Le cadre et les accompagnements.

Sauf en ce qui concerne les schémas géométriques et mécaniques, l'étude de ces éléments est relativement simple, parce qu'elle fait appel à des notions matérielles et coutumières. Quant aux lois de composition, elles sont dépendantes de celles de la nature car, en effet, qu'il crée ou qu'il juge, l'homme reste par sa mentalité, soumis aux suggestions des lois naturelles. La compréhension et la création d'une œuvre d'art doivent donc se trouver en relation de dépendance, en harmonie, avec ces suggestions enregistrées par nos centres sensibles.

D'autre part, il semble logique que nos interprétations de la nature par l'art, relèvent de lois et de principes comparables, identiques même, à ceux qui découlent de notre interprétation scientifique de cette même nature.

Mieux encore que la théorie, l'examen des chefs-d'œuvre de tous les domaines artistiques fera apparaître et imposera ces lois, que l'auteur applique dans sa deuxième partie, à l'architectonique proprement dite, c'est-à-dire d'abord à l'étude du plan (lecture, recherches, composition) et ensuite succinctement au mobilier, au profil, aux ordres, aux arcs et aux voûtes, aux toitures et aux cadres.

La philosophie de ces lois, et c'est là, nous le pensons, la grande pensée de l'auteur, montre comment il pourrait surgir une nouvelle architecture nationale entraînant l'art français à reconquérir la gloire et la suprématie.

L'auteur nous dit, en effet, qu'il est une considération grave dont l'importance échappe aux non initiés, de la composition architecturale, autant qu'à ceux qui restent par parti pris ou éducation les adeptes de l'art ultra-classique, c'est le danger national représenté par des cadres architecturaux illogiques, contraires aux besoins et aux aspirations de la race. L'architecture est susceptible par la force suggestive qui se dégage de ses cadres expressifs, de corrompre ou de moraliser les masses sociales, et du fait qu'on l'ignore, il devient commode de le nier. Ce n'est pas à la légère qu'il est possible d'affirmer que ce danger existe; d'autant plus grave et plus sérieux pour la France que celle-ci se trouve en période de transformation sociale et artistique. Nous pouvons encore prévoir, diriger et organiser la marche vers l'avenir; mais bifurquer vers les compromis, ou user d'expédients ne peut qu'aboutir à un cataclysme. Etudier la question posément, se pénétrer de son importance et de sa complexité, dégager de toutes les données du problème une connaissance approfondie pour aboutir à une conclusion logique, représente un cas de conscience, et par suite un devoir, que s'est imposé l'auteur à toutes les pages de son cours.

Ainsi s'explique sans doute l'enthousiasme avec lequel il est suivi par son auditoire d'élite.

L'ouvrage est abondamment illustré de croquis et de dessins dus à la main du maître, et qui rendent encore plus précieux ce livre unique, que la librairie Gauthier-Villars a édité avec un luxe et des soins tout particuliers.

L. POTIN.

*
**

Sir Napier Shaw, *with the assistance of* ELAÍNE AUSTÍN : **Manual of Meteorology**, *vol. 4. — 1 vol. relié grand-8° de* XII-359 *p. et* 78 *figures. Cambridge university Press, London*, 1931. (*Prix* 30 *sh.*).

Ce manuel très intéressant et très documenté est présenté, selon l'usage anglais, avec des réflexions philosophiques. Enumérons les chapitres fort variés de cet ouvrage. I. Lois des mouvements de l'atmosphère : remarques intéressantes sur les « modèles d'atmosphère », basées sur les lois de la similitude mécanique, sur les dimensions de la température et sur la graduation des thermomètres (il eût été intéressant dans l'énoncé des forces, de citer de suite la force centrifuge composée, en raison de son importance en météorologie). II. Equations du mouvement : rappel des équations générales, historique, résultats obtenus. III. Structure des basses couches de l'atmosphère. IV. Turbulence dans les basses couches. V. Structure du vent et couches nuageuses. VI. Cinématique des couches moyennes et élevées. VII. Calculs; températures et vent. VIII. Analyse graphique des mouvements atmosphériques, cartes synoptiques, en particulier de Bjerknes. IX. Isobares curvilignes : introduction de la force centrifuge relative, tourbillons. X. Fluide en rotation dans l'atmosphère : cyclones, anticyclones, tourbillons, pression, vent. XI. Hypothèse et réalités sur les régions directrices, lits de perturbation et centres d'action, discussions tout à fait intéressantes sur la vie des perturbations. XII. Rétrospectives et perspectives, conclusion. Un index alphabétique termine le volume.

Nous pensons qu'énumérer ainsi les chapitres est le meilleur compliment que nous puissions faire aux auteurs.

R. DE MONTESSUS DE BALLORE,
Docteur ès sciences.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 9 Novembre 1931.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **Erik Westzynthius** : *Sur la distribution des entiers qui ne sont divisibles par aucun parmi les n plus petits nombres premiers.* — M. **Marchaud** : *Sur diverses extensions de la notion de continu d'ordre borné.* — M. **J. Favard** : *Sur une proposition de Minkowski.* — M. **S. Finikoff** : *Congruences paraboliques stratifiables ; transformations des surfaces R_0.* — MM. **J. Herbrand** et **C. Chevalley** : *Nouvelle démonstration du théorème d'existence en théorie du corps de classes.* — M. **H. Parodi** : *Méthode d'intégration par arcs successifs permettant d'obtenir simplement, dans le calcul de l'arc élémentaire, une approximation aussi élevée qu'on le désire.* — M. **Georges Giraud** : *Problèmes de valeurs à la frontière dans le cas de données discontinues.* — M. **J. A. Lappo-Danilewski** : *La construction de la matrice intégrale normale d'un système d'équations différentielles linéaires dans le voisinage d'un pôle de ses coefficients.* — M. **A. Markoff** : *Sur une propriété générale des ensembles minimaux de M. Birkhoff.* — M. **Jacques Devisme** : *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* — M. **Arnaud Denjoy** : *Sur un théorème de Wiman.* — M. **Bernard Salomon** : *Sur des intégrateurs mécaniques à liaisons holomorphes.* — M. **Al. Proca** : *Sur la théorie du rayonnement.* — M. **E. Jouguet** : *Stabilité séculaire des rotors de turbines.* — M. **Th. Got** : *Sur la valeur des formules de Dunkerley et analogues pour le calcul approché de la première vitesse critique d'un arbre tournant.* — M. **D. Barbier** : *Sur la répartition des pôles des orbites des étoiles doubles.*

2° SCIENCES PHYSIQUES. — MM. **A. Foch** et **J. Bariol** : *Sur le mouvement d'un fluide visqueux au voisinage d'un disque oscillant autour de son axe.* — M. **André Blondel** : *Sur les inductances mutuelles de fuites magnétiques dans les transformateurs à plusieurs secondaires.* — MM. **Maurice Curie** et **A. Lepape** : *Conductibilité thermique des gaz rares.* — MM. **G. Bruhat** et **J. Thouvenin** : *Sur la biréfringence par compression de la silice amorphe et du quartz cristallisé, et sa dispersion dans l'ultraviolet.* — Mlle **M. Quintin** : *Coefficient d'activité de l'ion cuivre bivalent dans les solutions de son sulfate.* — M. **S. Rosenblum** : *Sur les rayons α de long parcours émis par le ThC + C' et quelques déterminations de vitesses de rayons α.* — M. **Paul Woog**, Mlles **Ganster** et **Fanny Coulon** : *Variation du point de décongélation des huiles minérales accompagnant des changements de leur état. Trempe des huiles.* — MM. **P. Bary** et **E. Fleurent** : *La dégradation des solutions de caoutchouc de diverses concentrations.* — MM. **L. Riéty** et **G. Salager** : *Sur une force électromotrice de filtration de valeur anormale.* — M. **J. Sambussy** : *Action d'une différence de potentiel continue sur l'acétone et l'éther.* — M. **Maurice Lambert** : *Sur une méthode d'étude de la décomposition des cotons-poudres à la température ordinaire.* — MM. **André Kling** et **Daniel Florentin** : *Sur le mode d'action des catalyseurs déshydratants dans le cracking hydrogénant des phénols.* — M. **Frèrejacque** : *Sur l'autoxydation de l'acide urique en présence d'amines.*

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **E. Aubert de La Rüe** : *Sur l'extension des roches éruptives grenues dans l'Archipel de Kerguelen.* Les roches éruptives grenues semblent jouer un rôle assez important dans la constitution de l'archipel de Kerguelen. L'âge de ces roches grenues, de même que leur relation avec les roches volcaniques visibles un peu partout, demeurent difficiles à préciser. Elles semblent néanmoins en relation avec une série éruptive assez ancienne, antérieure aux grands épanchements basaltiques, d'âge tertiaire. — M. **Yang Kieh** : *Sur le prolongement vers l'ouest de la zone disloquée située au nord de la chaîne de la Marche.* Cette grande zone disloquée se suit avec des sinuosités sur une longueur de plus de 150 km., en partant de la limite du département de la Vienne et de la Haute-Vienne jusqu'à la vallée du Cher où elle bute contre le massif d'Hérisson (Allier) ; sa largeur atteint parfois une dizaine de kilomètres. Cette région écrasée comprend la partie méridionale du plateau d'Aigurande et la presque totalité de la Chaîne de la Marche. C'est donc l'un des très importants accidents tectoniques du Massif central français. — M. **Henri Besairie** : *Sur la stratigraphie des formations sédimentaires de la province d'Analalava (nord-ouest de Madagascar).* — M. **V. Frolow** : *La décrue de l'Oronte en 1929.* — M. **F. Diénert** : *De la condensation de la vapeur d'eau dans le sol.* En expérimentant avec du calcaire puis avec du granite, les auteurs ont observé que ces matériaux, provenant du sol, ne paraissent pas influencer la condensation de l'humidité lorsqu'ils sont eux-mêmes humides. — Mlle **Lucie Ricard** : *Sur l'insertion vasculaire des radicelles.* Dans tous les cas étudiés (Ricin, Fève, Sterculie, Tabac, Ballote, Courge, Calycanthe), l'auteur a observé une tendance plus ou moins parfaite à la formation d'une lame vasculaire dans la région la plus primitive de la radicelle, lame disposée dans un plan vertibal passant par le faisceau correspondant de la racine mère. Dans la plupart des cas, la radicelle acquiert ultérieurement un nombre de convergents supérieur à deux, et l'accroissement du nombre des xylèmes alternes se fait toujours grâce à une accélération basifuge du développement vasculaire. On a donc là un nouvel exemple des phénomènes d'accélération qui jouent un rôle si important dans l'édification de la structure des plantes vasculaires. — MM. **A. Kopp** et **D. d'Emmérez de Charmoy** : *Nouvelles constatations sur les maladies à virus de la Canne à sucre et du Maïs.* Le *Streak disease* est une maladie à virus filtrant qui s'attaque au Maïs et à la Canne *Uba* ; la maladie est transmise du Maïs à la Canne par un Puceron, *Balculthambila*. Ces nouveaux travaux montrent que le virus du *Streak* des *Coix Lacryma-Jobii* est également

virulent pour la Canne à sucre, et que plusieurs hémiptères peuvent servir de vecteurs pour les virus. Enfin il est possible que le virus du Streak du Maïs soit hébergé par des Graminées autres que la Canne à sucre, même sans symptômes visibles et y reçoive une véritable activation. — M. **Polack** : *Quelles sont les couleurs dont la confusion est commune à tous les daltoniens ?* Les daltoniens ne confondent pas toujours le rouge et le vert, comme on le croit généralement, mais confondent toujours le bleu, le violet, le pourpre et le verdâtre. On peut donc n'employer que ces nuances pour un examen rapide, quitte à compléter ensuite le diagnostic à l'aide des autres couleurs. On remarque dans ce cas que la confusion de l'orangé et du vert jaunâtre est bien plus fréquente que celle du rouge et du vert. — M. **Raymond Hamet** : *Sur l'action vasodilatatrice indirecte des alcaloïdes de l'ergot.* L'ergot, qui est considéré d'ordinaire comme exclusivement vaso-constricteur augmente parfois les hémorragies. La perfusion de la patte postérieure du chien normal montre que l'ergotamine manifeste une action vasodilatatrice indéniable, suivie d'ordinaire de vasoconstriction ; sur l'animal bisurrénal ectomisé l'ergotamine révèle, dans les mêmes conditions expérimentales, une action exclusivement vasoconstrictive. La vasodilatation provoquée par l'ergotamine n'est donc pas due à une action directe de cet alcaloïde, mais résulte de l'inversion par ce dernier des effets vasculaires de l'adrénaline circulante. C'est à la variation de l'indice adrénalique sanguin qu'il faut attribuer la diversité, chez l'homme, des efforts vasculaires de l'ergot. — M. **Fernand Mercier** : *Influence de la pseudococaïne droite sur l'action hypertensive de l'adrénaline.* Alors que l'hypertension adrénalinique est augmentée quelquefois de 30 p. 100 par l'injection de cocaïne gauche, avec la pseudococaïne droite l'effet hypertenseur adrénalinique est ou inchangé, ou même, le plus souvent diminué. — Mme **M.-L. Le roux** : *La castration expérimentale des femelles de Gammariens et sa répercussion sur l'évolution des oostégites.* Chez les Crustacés amphipodes femelles, la différenciation de certains caractères sexuels secondaires (soies ovigères) est déterminée par le fonctionnement des gonades, alors que d'autres (oostégites) évoluant indépendamment de celles-ci. — M. **A. Vandel** : *Sur l'existence de mâles d'origine parthénogénétique et sur la constitution génotypique des femelles parthénogénétiques de* Trichoniscus (Spiloniscus) Elisabethae *Hérold* (*Crustacés, Isopodes*). L'auteur avait confondu, sous le nom de *Tr. provisorius* deux espèces distinctes, *provisorius* et *elisabethae*. Il constate à présent que la race parthénogénétique appartient à l'espèce *elisabethae*. Les mâles d'origine parthénogénétique sont absolument normaux et sont diploïdes. Comme ils proviennent de femelles triploïdes on doit admettre qu'une dissociation des garnitures haploïde et diploïde se produit au moment de la maturation de l'œuf qui engendre le mâle, mais c'est là un fait difficile à vérifier. Les femelles parthénogénétiques (triploïdes) semblent provenir d'un œuf normal fécondé par un spermatozoïde diploïde. — M. **J. Parrod** et Mlle **Y. Garreau** : *Produits d'oxydation du* d-*mannose par l'oxyde de cuivre ammoniacal en présence de l'air, à la température ordinaire.* L'oxydation du *d*-mannose, comme l'oxydation du *d*-glucose, donne naissance à l'acide oxalique, à l'imidazol, et au *d*-arabino tétraoxybutyl-4-imidazol. — M. **H. Belval** : *Les glucides lévogyres des oignons de* Lycoris. Les oignons de *Lycoris* (*Lycoris squamigera* Max.) renferment constamment, à côté de l'amidon qui constitue la réserve insoluble, un mélange de glucides solubles : sucres réducteurs, saccharose et substances lévogyres, ces dernières étant de beaucoup les plus abondantes. L'auteur en a extrait deux à l'état pur. Ce sont deux fructosides, dont l'un est nouveau et a été nommé lycoriside ; l'autre est analogue à l'asphédéloside des Asphodèles. — MM. **F. Vlès**, **A. de Coulon** et **A. Hugo** : *Sur les facteurs de l'évolution des cancers de goudron chez la Souris.* 1° Chez des Souris badigeonnées régulièrement au goudron, les papillomes et les cancers ont été plus précoces et plus nombreux, chez les sujets nourris de jaunes d'œufs cuits. 2° Les cancers des lots isolés électrostatiquement sont nettement en retard sur les cancers des animaux témoins ; les papillomes des lots au sol ont été nettement en avance sur les papillomes des lots témoins ou isolés. Dans les élevages en cages obscures, papillomes et cancers sont déprimés par rapport aux témoins. 3° La fraction du goudron dissoute par le chloroforme relève considérablement l'action papillomateuse et cancérigène, le résidu est d'action presque nulle. — M. **H. Vincent** : *Sur une théorie de la constitution des anticorps.* Comme dans les cryptotoxines, la toxine unie à l'antitoxine et neutralisée par elle, n'est pas détruite, elle est dissimulée. La structure du groupement moléculaire antigène-anticorps est évidemment très complexe. Il n'est pas douteux que les agrégats moléculaires spécifiques qui constituent les anticorps résultent de la combinaison de l'antigène lui-même avec les éléments neutralisants ou « anti » de nature encore inconnue, élaborés par l'organisme vivant. En d'autres termes le radical toxine entre dans la composition de l'anticorps et lui imprime sa spécificité.

Séance du 16 Novembre 1931.

1° Sciences mathématiques. — M. **Al. Pantazi** : *Sur certaines propriétés projectives des feuilles de surfaces.* — M. **Jules Drach** : *Détermination des éléments linéaires pour lesquels il existe un réseau triangulaire de géodésiques. Généralisations.* — M. **P.-J. Myrberg** : *Sur les systèmes de fonctions qui admettent un théorème d'addition algébrique.*

2° Sciences physiques. — M. **L. Goldstein** : *Mécanique quantique de divers processus photochimiques simples.* — M. **G. Dechêne** : *Particularités des cellules semi-conductrices au chlorure de plomb.* — M. **Garrigue** : *Sur la conductibilité électrique de l'acétone en courant continu.* — M. **J. Jeffray** : *Sur quelques propriétés de thermocouples à vide.* — M. **R. Freymann** : *Spectres d'absorption infrarouges des mélanges de liquides organiques ; hypothèse d'une dissociation électrolytique pour ces mélanges.* — M. **C. Haenny** : *Biréfringence magnétique de sels paramagnétiques en solutions aqueuses.* — M. **R. Toussaint** : *La mesure de la fluorescence avec la cellule photo-électrique.* — MM. **A. Lumière** et **A.**

Seyewetz : *Obtention d'images négatives à grains fins par développement*. — M. **M. Bourguel** : *Influence des substitutions sur la fréquence de la raie éthylénique*. — MM. **A. Perret** et **R. Perrot** : *Sur l'hydrolyse du chlorure de nitrosyle et du peroxyde d'azote par la potasse caustique*. — M. **Raymond Quelet** : *Sur l'aldéhyde (para-méthoxyméthyl) benzoïque*. — MM. **L. Palfray**, **S. Sabetay** et Mlle **Denise Sontag** : *Sur la déshydratation potassique du phényléthanediol (phénylglycol)*.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Demay** : *Sur la tectonique hercynienne des Cévennes méridionales et du Rouergue*. — M. **A. Dauvillier** : *Synthèse de l'aurore polaire*. — M. **J. Imbrecq** : *Sur une foudre globulaire à éclatements multiples*. L'auteur a observé, en juin 1914, près la gare Saint-Lazare, une boule de feu, parfaitement ronde, d'une couleur jaune dorée, d'environ 20 cm. de diamètre, qui descendit du ciel, éclata sur des rails de tramways, puis, à plusieurs reprises, disparaissait en remontant au-dessus des immeubles de la rue de Rome, pour revenir éclater à nouveau sur les rails et cela sans laisser aucune trace. — M. **M. Bridel** et Mlle **C. Bourdouil** : *Sur l'évolution des glucides au cours de la formation de la graine de deux variétés de Pois*. Si le pois ridé renferme, quand il est mûr, plus de glucides solubles et moins d'amidon que le pois rond, et s'il est plus hydraté, c'est que son évolution s'arrête à un stade que dépasse nettement le pois rond. Au cours de cette évolution plus longue, le saccharose diminue alors que l'amidon s'accroît. La richesse du pois ridé en glucides solubles tient donc moins à une véritable abondance de ces produits qu'à une incapacité partielle de la graine à les condenser en amidon. A cause de cette incapacité, la proportion de glucides solubles ne varie plus guère. Il n'y a plus, en ce qui les concerne, rupture d'équilibre entre la graine et la plante qui ne fournit plus de glucides solubles à la graine : l'évolution de celle-ci cesse. — MM. **J. Costantin**, **P. Lebard** et **J. Magrou** : *Influence du séjour en montagne sur la productivité de la pomme de terre*. Des tubercules de pomme de terre issus de plantes saines et cultivées un an à 1.650 mètres d'altitude ont donné, dans un terrain de plaine fertile et fumé, des plans plus précoces, plus développés, et une récolte plus abondante que des tubercules identiques, de même origine et plantés dans des conditions rigoureusement semblables, mais provenant de plantes cultivées en plaine l'année précédente. Si les cultures comparatives de deuxième année, en plaine, sont faites dans un sol pauvre et non fumé, ou à partir de variétés atteintes d'enroulement ces différences s'atténuent au point de devenir nulles (en ce qui concerne la précocité et la taille des plants) ou parfois minimes (en ce qui concerne le rendement). — M. **A. Guillermont** : *Sur l'existence fréquente de vacuoles spécialisées dans les cellules à anthocyane*. L'auteur montre, par divers exemples, qu'il existe fréquemment, dans les cellules des végétaux supérieurs, diverses catégories de vacuoles, différant essentiellement par la nature et la réaction de leur contenu. Ces vacuoles constituent des centres où s'accumulent et se transforment divers produits du métabolisme cellulaire. — M. **Ch. Rousseau** : *Sur la présence de zooxanthelles chez les Eolidiens*. L'auteur a montré expérimentalement que, en s'alimentant avec les Actinies, les Eolidiens absorbent les xanthelles parasites de ces dernières et que ces xanthelles pénétrant dans les cellules des cœcums hépatiques, peuvent y vivre pendant un temps plus ou moins long et s'y reproduire. Ce sont donc les xanthelles qui constituent les « sphères brunes » des Eolidiens que l'on prétendait être des formes d'excrétion. — MM. **Emile-F. Terroine**, **A. Giaja** et **L. Bayle** : *La formation de la créatine et des corps puriques de l'urine aux dépens des matières protéiques*. Les auteurs ont nourri des Porcs de telle sorte qu'ils soient amenés au niveau de leur dépense azotée endogène, puis, tout en conservant la même valeur énergétique et la même composition par ailleurs, ils ont substitué à l'amidon un aliment riche en matières albuminoïdes. Ils ont constaté alors que l'excrétion de la créatine et celle des composés puriques, allantoïne comprise, augmente d'une manière régulière, parallèlement à l'excrétion azotée totale. C'est là la preuve irréfutable de la synthèse de la créatine et des composés puriques aux dépens de certains constituants des matières protéiques. — MM. **J. Errera**, **H. Vogels** et **L. Hauss** : *Protéines animales et végétales. Analyse électrométique*. — MM. **Octave Bailly** et **Roger Netter** : *Sur l'isolement du carotène des glandes surrénales*. Le carotène (identique au carotène végétal) semble à la fois présent dans les zones corticale et médullaire de la glande surrénale. Or on attribue aux capsules surrénales un rôle considérable dans la croissance ainsi qu'un pouvoir de défense contre les infections. On sait d'autre part, que le carotène peut jouer à la fois le rôle de vitamine A (ou de provitamine A) et celui d'agent anti-infectieux. La présence, désormais nettement établie, d'une quantité relativement importante de carotène dans les surrénales (1 cgr. par kilogramme de glandes fraiches chez le bœuf) autorise peut-être un rapprochement entre ces différents faits. — M. **Ugo Lumbroso** : *Inoculation au singe de souches bactériennes isolées de trachomateux tunisiens*. Les inoculations de trois souches ont provoqué l'apparition de granulations chez les Singes. Malgré l'absence des localisations tarsiennes l'auteur est porté à accorder à ces souches un pouvoir pathogène spécial vis-à-vis de la conjonctive. Mais on ne peut rien conclure encore, en raison de la fréquence des granulations naturelles chez les Singes.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Principales communications du 2e semestre 1931.

1° Sciences mathématiques. — M. **K. Graff** : *Observations photométriques de la planète Eros à Majorque pendant l'hiver 1930-1931*. L'auteur a mesuré photométriquement 114 maxima et minima dont la période moyenne est de 0,109796 jour. Entre les 8 et 19 janvier, il a observé une perturbation au cours de laquelle l'amplitude de la variation lumineuse s'est abaissée rapidement de 1,3 à 0,45 grandeur ; cette perturbation n'a guère affecté que les minima. — M. **F. Ackerl** : *Le champ de la gravité terrestre*. L'auteur a réuni et classé tous les résultats des mesures de la pesanteur terrestre faites avec des appareils pendulaires de 1808 à la fin de juillet 1931. Puis

il a tenté une représentation du champ de la gravité terrestre par un développement en fonctions coniques allant jusqu'au 16e ordre.

2° Sciences physiques. — M. **H. Scheibel** : *Calcul thermodynamique de l'affinité de quelques réactions gazeuses importantes au point de vue technique*. L'auteur établit d'abord les trois formules qui permettent le calcul de l'affinité et des constantes d'équilibre des réactions gazeuses : 1° la vieille formule thermodynamique, où la constante d'intégration indéterminée se déduit de la détermination expérimentale des constantes d'équilibre ou de l'affinité à une température ; 2° la formule de Nernst pour la représentation des chaleurs spécifiques par une série de puissances avec le terme initial 3,5 et l'emploi des constantes chimiques conventionnelles ; 3° la même formule avec représentation des chaleurs spécifiques par la fonction de Planck-Einstein, auquel cas on doit employer les vraies constantes chimiques (constantes de tension de vapeur). Ces trois formules ont été employées pour quelques réactions techniques gazeuses et on a comparé les valeurs calculées aux valeurs observées. La concordance pour les trois formules est très bonne dans la plupart des cas. — MM. **L. Schmid** et **R. Falke** : *Mesures de viscosité sur des hydrates de carbone dans l'ammoniac liquide, la formamide et l'eau*. Ces mesures ont porté sur les hydrates de carbone de réserve inuline et glycogène, et par comparaison sur le glucose, le saccharose et le raffinose, à diverses températures, pressions et concentrations. L'élévation de la viscosité se poursuit dans tous les cas régulièrement et proportionnellement à la concentration, ce qui exclut l'existence de substances colloïdales à haut poids moléculaire pour l'inuline et le glycogène. — MM. **A. Dadieu** et **F. A. Schneider** ; *L'effet Raman et la constitution du nickel-carbonyle*. Le nickel-carbonyle fournit un spectre de Raman extraordinairement intense, dont l'étude montre que la liaison CO de ce composé correspond à celle de l'oxyde de carbone et non du groupe carbonyle. La molécule du nickel-carbonyle doit donc être considérée comme un tétraèdre à peu près symétrique avec Ni au centre et les groupes CO aux sommets. — *La découverte du phosphore rouge*. A la suite d'une réclamation présentée par les descendants de J. Goldmark, une commission a été nommée par l'Académie pour rechercher si la découverte du phosphore rouge serait due à ce dernier et non à A. Schrötter, auquel on l'attribue généralement. Les conclusions de la Commission sont que les droits de Schrötter à cette découverte sont bien établis ; si Goldmark y a participé, ce ne peut être que sous la direction de Schrötter ou en utilisant ses matériaux. — Mlle **E. Holesch** : *La volatilisation du* Ra B *et du* Ra C *dans l'hydrogène et dans l'azote*. Le Ra B se volatilise dans l'hydrogène entre 450° et 600°, le Ra C entre 400° et 750° ; tous deux commencent à se volatiliser dans l'azote vers 500°. Pour Ra B, 85 % est volatilisé à 700°, pour Ra C 47 % seulement. — MM. **L. Moser** et **A. Hackofer** : *Détermination et séparation des métaux rares des autres métaux. XX. Détermination de l'iridium et sa séparation du platine et d'autres métaux*. Les auteurs ont utilisé la méthode de l'hydrolyse successive et montré qu'il existe, entre les ions Pt (IV) et Ir (IV), comme entre Ir (III) et Rh (IV), en solution aqueuse, des différences qui permettent une séparation facile. Ils se sont servis du système bromure-bromate, qui conduit à un *p*H encore défini même dans le domaine acide, et qui possède simultanément une action oxydante ; celle-ci empêche la formation d'ions Pt (II) ainsi que Ir (III), qui seraient également hydrolysés, tandis qu'au stade tétravalent seul $IrO^2 . x H^2O$ est précipité. — MM. **L. Moser** et **H. Graber** : *Id.* XXI : *La détermination du rhodium et sa séparation du platine et d'autres métaux*. Le rhodium peut être séparé du platine et de l'or par le même procédé que ci-dessus. Pour le séparer du fer, on le précipite par H^2S en solution chlorhydrique N/10, le fer restant en solution dans ce cas. — M. **S. Pelz** : *La coloration électrolytique des cristaux d'halogénures alcalins*. Dans l'électrolyse des halogénures alcalins, il se forme dans certaines conditions, sur une tige de platine servant de cathode, des dépôts cristallins colorés en certains points : en bleu pour Na Cl et K Br, en violet pour KCl. Cette coloration paraît identique à celle qu'on obtient sous l'influence du rayonnement du radium. Elle disparaît par chauffage. — MM. **F. Feigl** et **P. Krumholz** : *Action des alcoolates alcalins sur le fer-pentacarbonyle*. Les alcoolates de Na réagissent sur le fer-pentacarbonyle en donnant des combinaisons d'addition, dont l'une, $Fe(CO)^5 . 2 CH^3ONa . 2 CH^3OH$, réagit avec l'eau pour fournir le corps $Fe(CO)^4 NaH . CH^3OH$, qui doit être considéré comme un sel de Na du fer-carbonyle-hydrogène de Hieber, $Fe(CO)^4 H^2$. Les auteurs ont préparé les sels de Hg et de Ba de ce dernier corps. — MM. **L. Schmid** et **E. Kotter** : *Un éther tritylique du glycogène*. En faisant réagir le chlorure de trityle sur le glycogène en solution pyridique, les auteurs ont obtenu un éther tritylique de formule $[C^{12}H^{19}O^{10} - C(C^6H^5)^3]^x$, alors qu'avec la cellulose et l'amidon on n'a obtenu que des éthers monotrityliques. Cet éther est hydrolysé quantitativement en triphénylcarbinol et glycogène.

3° Sciences naturelles. — M. **H. Tertsch** : *Mesures de clivage sur les faces de pression du sel gemme et conclusions sur le phénomène de clivage*. Après les mesures de clivage suivant les faces du cube, l'auteur a étudié par les mêmes méthodes le clivage par choc, pression et traction suivant les faces du rhombododécaèdre. Ici les surfaces de clivage ne sont plus unies, mais plus ou moins finement rayées. D'après les résultats obtenus, il semble que dans le clivage par choc le réseau n'a subi aucune déformation, mais un simple arrachement. Par contre, dans le cas de la pression (avec un couteau chargé), le réseau s'est déformé le long d'une ligne ; il en est de même dans le clivage par traction. Il y aurait donc, non seulement trois types de clivage au point de vue expérimental, mais deux espèces de phénomènes de clivage : 1° par arrachement extérieur avec réseau non déformé ; 2° par rupture interne, avec réseau plastiquement déformé.

L. B.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 3-32.